

Universidad Politécnica de Madrid
Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica de Telecomunicación

MÁSTER EN INGENIERÍA ACÚSTICA DE LA EDIFICACIÓN Y EL MEDIO AMBIENTE



TRABAJO FIN DE MÁSTER

ESTUDIO DE REHABILITACIÓN ACÚSTICA DE LOS EDIFICIOS DEL BARRIO DE LAVAPIÉS

Jara Cascallana Olmedilla

Julio 2013

Vivimos envueltos de sonidos y ruidos.
Sonidos que ocupan el espacio, que lo traspasan
y nos cambian el estado de ánimo.

David Casadeval

INDICE

1.	ANÁLISIS DEL PROYECTO	13
1.1.	LA REHABILITACIÓN URBANA.....	13
1.2.	OBJETIVOS.....	15
2.	ESTUDIO URBANISTICO	17
2.1.	UN POCO DE HISTORIA	17
2.2.	ANÁLISIS URBANÍSTICO	24
2.2.1.	INTRODUCCIÓN.....	24
2.2.2.	EL ESPACIO URBANO.....	25
2.2.3.	GEOMETRÍA DE LAS CALLES.....	26
2.2.4.	TIPOLOGÍAS EDIFICATORIAS	40
2.2.5.	CALIDAD DE LA EDIFICACIÓN	42
3.	CARTOGRAFÍA ACÚSTICA	43
3.1.	INTRODUCCIÓN	43
3.2.	SISTEMA SADMAN.....	44
3.3.	ANÁLISIS DEL MER 2006.....	45
3.4.	ZONA DE PROTECCIÓN ACÚSTICA ESPECIAL DEL DISTRITO CENTRO.....	50
4.	CARACTERIZACIÓN SOCIOLOGICA DEL RUIDO	53
4.1.	INTRODUCCIÓN	53
4.2.	METODOLOGÍA	54
4.3.	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	54
4.4.	CONCLUSIONES	57
5.	DB HR: AISLAMIENTO ACÚSTICO.....	59
5.1.	INTRODUCCIÓN	59
5.2.	PRINCIPIOS DE LA TRANSMISIÓN DE RUIDO ENTRE DOS RECINTOS.....	61
5.3.	DIFERENCIA DE NIVELES IN SITU Y LABORATORIO.....	63
5.4.	INDICES DE AISLAMIENTO ACÚSTICO.....	64
5.4.1.	AISLAMIENTO ACÚSTICO A RUIDO AÉREO ENTRE RECINTOS	64
5.4.2.	AISLAMIENTO ACÚSTICO A RUIDO AÉREO DE FACHADAS	65
5.4.3.	AISLAMIENTO ACÚSTICO A RUIDO AÉREO ENTRE EDIFICIOS.....	67
5.4.4.	AISLAMIENTO ACÚSTICO A RUIDO DE IMPACTOS.....	67
5.4.5.	INDICES GLOBALES	68
5.4.6.	RESUMEN MAGNITUDES DE AISLAMIENTO UTILIZADAS EN EL DB HR	71
5.5.	PREDICCIÓN DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO: UNE EN 12354.....	72
5.5.1.	ESTIMACIÓN DEL AISLAMIENTO A RUIDO AÉREO ENTRE RECINTOS.....	73

5.5.2. ESTIMACIÓN DEL AISLAMIENTO A RUIDO AÉREO DE FACHADAS.....	76
5.5.3. ESTIMACIÓN DEL AISLAMIENTO A RUIDO AÉREO ENTRE EDIFICIOS	77
5.5.4. ESTIMACIÓN DEL AISLAMIENTO A RUIDO DE IMPACTOS.....	77
5.6. VALORES LÍMITE DE AISLAMIENTO EXIGIDOS EN EL DB –HR.....	79
6. SOLUCIONES PARA LA REHABILITACIÓN ACÚSTICA	83
6.1. LA REHABILITACIÓN ACÚSTICA.....	83
6.2. ACTUACIONES Y GRADOS DE MEJORA	84
6.2.1. ACTUACIONES EN ELEMENTOS DE SEPARACIÓN VERTICALES	87
6.2.1. MEJORAS OBTENIDAS AL ACTUAR EN LOS ESV	92
6.2.2. ACTUACIONES EN ELEMENTOS DE SEPARACIÓN HORIZONTAL	97
6.2.3. MEJORAS OBTENIDAS AL ACTUAR EN LOS ESH	100
6.2.4. ACTUACIONES EN FACHADAS	104
6.2.5. ACTUACIONES EN CUBIERTAS	107
6.2.6. ACTUACIONES EN LAS INSTALACIONES	107
7. CASO PRÁCTICO – PROPUESTA DE REHABILITACIÓN ACÚSTICA	109
7.1. INTRODUCCIÓN	109
7.2. FASES DEL PROYECTO DE REHABILITACIÓN	109
7.3. DATOS PREVIOS.....	111
7.3.1. DATOS DE LA VIVIENDA OBJETO DE ESTUDIO	111
7.3.2. SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS ORIGINALES.....	112
7.3.3. DETERMINACIÓN DEL VALOR Ld.....	116
7.4. ZONIFICACIÓN Y EXIGENCIAS	117
7.4.1. ZONIFICACIÓN ACÚSTICA DE LA PLANTA BAJA	118
7.4.2. ZONIFICACIÓN ACÚSTICA DE LA PLANTA TIPO	119
7.4.3. VALORES LÍMITE DE AISLAMIENTO ACÚSTICO DB HR	120
7.4.4. VALORES LÍMITE DE AISLAMIENTO ACÚSTICO EN PLANTA BAJA.....	121
7.4.5. VALORES LÍMITE DE AISLAMIENTO ACÚSTICO EN PLANTA TIPO	122
7.4.6. VALORES LÍMITE DE AISLAMIENTO ACÚSTICO ENTRE PLANTAS	123
7.5. JUSTIFICACIÓN DE LAS PAREJAS DE RECINTOS.....	123
7.5.1. PAREJA DE RECINTOS PARA EL RUIDO AÉREO	124
7.5.2. PAREJA DE RECINTOS PARA EL RUIDO DE IMPACTO	126
7.5.3. PAREJA DE RECINTOS PARA EL RUIDO AÉREO EXTERIOR	127
7.6. EVALUACIÓN DEL EDIFICIO SIN REHABILITAR	128
7.6.1. ESTIMACIÓN DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO MEDIANTE LA NORMA UNE EN 12354	128
7.6.2. MEDIDA IN SITU DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO	129
A. ENSAYO DE AISLAMIENTO A RUIDO AÉREO - TABIQUE INTERIOR.....	130

B. ENSAYO DE AISLAMIENTO A RUIDO AÉREO – MEDIANERA ENTRE UNIDADES DE USO.....	135
7.7. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN.....	151
7.7.1. ACTUACIONES EN ESV	152
7.7.2. ACTUACIONES EN ESH	152
7.7.3. ACTUACIONES EN FACHADAS	153
7.8. EVALUACIÓN DEL EDIFICIO REHABILITADO	155
8. CONCLUSIONES.....	157
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	161
ANEXO I. MER EMBAJADORES	163
ANEXO II. PLANOS DEL EDIFICIO A REHABILITAR	169
ANEXO III. METODOLOGÍA DE LAS MEDICIONES IN SITU	173
ANEXO IV. FICHAS JUSTIFICATIVAS DEL DB HR	179

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Fachada de un edificio del barrio de Lavapiés (Fotografía de Felipe Reinoso Carvalho)	14
Figura 2.1 Calle de la Fe a Iglesia de San Lorenzo.	17
Figura 2.2 Barrio de Lavapiés - Plano de Teixeira, 1656.....	18
Figura 2.3 Plaza de Lavapiés	19
Figura 2.4 Edificios de la Plaza de Lavapiés	20
Figura 2.5 Teatro Valle Inclán en la Plaza de Lavapiés.....	20
Figura 2.6 Café de Barbieri en la calle de Ave María.....	21
Figura 2.7 La Corrala de la Calle Mesón de Paredes – Monumento Nacional desde 1977	21
Figura 2.8 Biblioteca UNED - Escuelas Pías en la Plaza de Agustín Lara.....	22
Figura 2.9 La Inclusa y el colegio de la Paz, Madrid 1910 – Calle de Embajadores.....	23
Figura 2.10 Bloque de viviendas de los años 70 en la Plaza de Agustín Lara	23
Figura 2.11 Límites administrativos en el Distrito Centro. Embajadores	24
Figura 2.12 Viales principales del Barrio de Lavapiés	25
Figura 2.13 Apertura Visual en ángulo de la sección urbana.....	26
Figura 2.14 Geometría Calle Ribera de Curtidores.....	28
Figura 2.15 Geometría Calle Embajadores	29
Figura 2.16 Geometría Calle Mesón de Paredes.....	30
Figura 2.17 Geometría Calle Lavapiés	31
Figura 2.18 Geometría Calle Ave María	32
Figura 2.19 Geometría Calle Argumosa.....	33
Figura 2.20 Geometría Calle Santa Isabel	34
Figura 2.21 Geometría Calle Concepción Jerónima	35
Figura 2.22 Geometría Calle Toledo.....	36
Figura 2.23 Geometría Ronda de Toledo	37
Figura 2.24 Geometría Ronda de Valencia y Ronda de Atocha.....	38
Figura 2.25 Geometría Calle de Atocha	39
Figura 2.26 Mapa de Usos y actividades de Lavapiés - PGOUM.....	40
Figura 2.27 Casas de corredor en el barrio de Embajadores	41
Figura 2.28 Porcentaje de viviendas en función del periodo de construcción.....	42
Figura 3.1 Datos de IMD en Embajadores – MER 2006	48
Figura 3.2 Puntos de medida en Lavapiés con el Sistema SADMAN – MER 2006	48
Figura 3.3 Delimitación de la ZPAE en el barrio de Embajadores.....	51
Figura 3.4 Concentración de locales de ocio en el barrio de Embajadores	52
Figura 5.1 Clases de aislamiento acústico, según la procedencia del ruido.	60
Figura 6.10. incidencia del falso techo en la vía indirecta.....	99
Figura 6.11. Diferencia de niveles estandarizada ponderada A, con y sin techo acústico	100
Figura 6.12. Medidas recintos adyacente verticalmente 4 aristas comunes.....	101
Figura 6.13. Detalle encuentro de un suelo flotante con los paramentos y pilares	102
Figura 6.14. Sección tipo de capitalzado montado en la hoja interior de la fachada.....	104
Figura 6.15. Vista 3D isométrica obtenida mediante simulación.....	106
Figura 7.1. Esquema organizativo de aplicación DB HR – Aislamiento acústico	110
Figura 7.2. Edificio a rehabilitar en la calle Ave María , 19.	111
Figura 7.3. Encuentro de fachada con muro medianero de telar.....	113
Figura 7.4. Muros entramados de medianería, rellenos con mortero de cal y cascote, fábrica de ladrillo y yesones,	113
Figura 7.5. Forjado de madera con entrevigado de bovedilla de yeso y entrevigado de bovedilla de ladrillo	114
Figura 7.6. Fachada del edificio de la C/ Ave María, 19.....	114
Figura 7.7. Índice de ruido de día L _d - MER 2006 Barrio Embajadores.....	116
Figura 7.8. Zonificación acústica de la planta baja.....	119
Figura 7.9. Zonificación acústica de la planta tipo	119
Figura 7.10. Valores mínimos de aislamiento acústico a ruido aéreo planta baja	121
Figura 7.11. Valores mínimos de aislamiento acústico a ruido aéreo planta tipo.....	122

Figura 7.12. Pareja de recintos para ruido aéreo (RP –RP). Caso 1	124
Figura 7.13. Pareja de recintos para ruido aéreo (RP –RP). Caso 2	125
Figura 7.14. Pareja de recintos para ruido aéreo (RA –RP). Caso 3	125
Figura 7.15. Pareja de recintos para ruido de impactos (RH –RP). Caso 1	126
Figura 7.16. Pareja de recintos para ruido de impactos (RP –RP). Caso 2	126
Figura 7.17. Pareja de recintos para ruido aéreo exterior (Exterior – RP)	127
Figura 7.18. Espectros obtenidos a partir de los niveles de presión sonora registrados en cada una de las posiciones elegidas en el recinto emisor.	130
Figura 7.19. Espectros obtenidos a partir de los niveles de presión sonora registrados en cada una de las posiciones elegidas en el recinto receptor.	131
Figura 7.20. Espectros obtenidos a partir de los niveles de presión sonora registrados en cada una de las posiciones elegidas en el recinto receptor.	132
Figura 7.21. Espectros obtenidos a partir de los tiempos de reverberación medidos en cada una de las posiciones elegidas en el recinto receptor.	134
Figura 7.22. Espectros obtenidos del índice de reducción acústica aparente para tabiquería interior	135
Figura 7.23. Espectros obtenidos a partir de los niveles de presión sonora registrados en cada una de las posiciones elegidas en el recinto emisor.	136
Figura 7.24. Espectros obtenidos a partir de los niveles de presión sonora registrados en cada una de las posiciones elegidas en el recinto receptor.	137
Figura 7.25. Espectros obtenidos a partir de los niveles de presión sonora registrados en cada una de las posiciones elegidas en el recinto receptor.	138
Figura 7.26. Espectros obtenidos a partir de los tiempos de reverberación medidos en cada una de las posiciones elegidas en el recinto receptor.	139
Figura 7.27. Espectros obtenidos de la diferencia de niveles estandarizada para medianera entre viviendas	140
Figura 7.28. Espectros obtenidos a partir de los niveles de presión sonora registrados en cada una de las posiciones elegidas en el recinto emisor.	141
Figura 7.29. Espectros obtenidos a partir de los niveles de presión sonora registrados en cada una de las posiciones elegidas en el recinto receptor.	142
Figura 7.30. Espectros obtenidos a partir de los niveles de presión sonora registrados en cada una de las posiciones elegidas en el recinto receptor.	143
Figura 7.31. Espectros obtenidos a partir de los tiempos de reverberación medidos en cada una de las posiciones elegidas en el recinto receptor.	145
Figura 7.32. Espectros obtenidos de la diferencia de niveles estandarizada para forjado entre viviendas	146
Figura 7.33. Espectros obtenidos a partir de los niveles de presión sonora de ruido de impacto registrados en cada una de las posiciones elegidas en el recinto receptor.....	147
Figura 7.34. Espectros obtenidos a partir de los niveles de presión sonora registrados en cada una de las posiciones elegidas en el recinto receptor.	148
Figura 7.35. Espectros obtenidos a partir de los tiempos de reverberación medidos en cada una de las posiciones elegidas en el recinto receptor.	150
Figura 7.36. Espectros obtenidos del nivel de presión de ruido de impactos estandarizado para forjado entre viviendas	151
Figura 7.37. Trasdosado autoportante sobre elemento de fábrica con bandas elásticas.....	152
Figura 7.38. Solera Seca sobre forjado con poliestireno expandido elastificado	153

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Ancho y altura media de las calles – Red interior.....	27
Tabla 2.2. Ancho y altura media de las calles – Límites del distrito	27
Tabla 3.1. Índices de ruido – Vías más desfavorecidas - MER 2006	47
Tabla 3.2. Índices de ruido – Red Interior - MER 2006.....	47
Tabla 3.3. Puntos de medida Sistema SADMAN – MER 2006	49
Tabla 5.1. Resumen de índices de aislamiento utilizados en el DB HR	63
Tabla 5.2. Relación entre índices globales	69
Tabla 5.3. Valores límite de aislamiento acústico a ruido aéreo	81
Tabla 5.4. Valores de aislamiento acústico a ruido aéreo $D_{2m,nT,Atr}$, en dBA entre un recinto protegido y el exterior en función del índice de ruido, L_d	81
Tabla 5.5. Valores límite de aislamiento acústico a ruido de impactos	82
Tabla 6.1. Valores mínimos de masa por unidad de superficie (m) y del índice global de reducción acústica, ponderado A (RA) para los distintos tipos de tabiquería	87
Tabla 6.2. Datos de entrada de la Herramienta Oficial DB HR - ESV.....	93
Tabla 6.3. Actuaciones de rehabilitación en los ESV	94
Tabla 6.4. Mejoras obtenidas in situ (DnT,A final – DnT,A inicial) según el tipo de actuación sobre el ESV....	96
Tabla 6.5. Datos de entrada Herramienta Oficial DB HR -ESH.....	100
Tabla 6.6. Mejoras obtenidas in situ (DnT,A final – DnT,A inicial) según el tipo de actuación sobre el ESV..	103
Tabla 7.1. Prestaciones acústicas de elementos constructivos a rehabilitar	115
Tabla 7.2. Índice de ruido de día L_d de la calle Ave María	116
Tabla 7.3. Datos forjado de vigas de madera – Proyecto Balí.....	153

RESUMEN

Los tejidos urbanos, los barrios y los edificios en proceso de degradación física, social o ambiental requieren acciones de rehabilitación urbana que garanticen el bienestar de las personas.

La sociedad demanda, cada vez más, el derecho al descanso y a una vida sin ruidos, como signo de desarrollo y progreso. Es por ello, que se debe conducir el comportamiento de la edificación y del metabolismo urbano hacia unos mínimos de calidad acústica que permitan mejorar las deficiencias de aislamiento acústico que presentan los edificios existentes de gran parte de las ciudades y sus centros históricos.

En este sentido, el objetivo de este Trabajo de Fin de Máster es el de contribuir al estudio de las acciones de rehabilitación y las soluciones técnicas que permitan desarrollar edificios acústicamente eficientes en el barrio de Lavapiés

Como punto de partida se realizará la caracterización urbanística del barrio, analizando la calidad de la edificación, la geometría de las calles, los principales viarios, para posteriormente estudiar la cartografía acústica de Lavapiés a través de los Mapas Estratégicos de Ruido.

Porque el ruido tiene una importante componente subjetiva, se realizará además una encuesta de calidad acústica para conocer la opinión del ciudadano de Lavapiés, tratando de comprender la problemática de ruido en el barrio y cómo afecta ésta a sus vecinos.

Por último se desarrollarán unas directrices generales para la rehabilitación acústica de los edificios existentes, y se llevarán a la práctica realizando una propuesta de rehabilitación acústica de un edificio del siglo XIX situado en la Calle Ave María de Lavapiés.

Cada obra de rehabilitación es una oportunidad de mejorar las deficientes condiciones acústicas de los edificios dentro de lo viable técnica y económicamente, a pesar de que puede que no se lleguen a alcanzar los niveles exigidos en el DB HR.

SUMMARY

The urban network, the neighborhoods and the buildings in progress of physical, social and environmental degradation require actions of urban restoration to guarantee people's welfare.

Society demands, more every time, the right to rest and to life without noise, as an evidence of development and progress. That is why, the behavior of building and the urban metabolism must be lead to the best acoustic quality allowing to improve the acoustic sound proofing deficiencies that now a days some of the existing buildings present in most of the cities and its historical downtowns.

In this direction, the goal of this "Trabajo de Fin de Master" is to contribute to the study of the rehabilitation actions and the technical solutions that will make possible to develop acoustically efficient buildings in Lavapies area.

To begin a urbanistic classification of the neighborhood will be done, analyzing the quality of construction, the geometry of the streets, the main road routes to study, afterwards, the acoustic cartography of Lavapies through the Strategic Maps of Noise.

Also because noise has an important subjective component, a survey about acoustic quality will be made to know the opinion of Lavapies citizens, trying to understand the problems of noise in the neighborhood and how this may affect its neighbors.

Finally some general guidelines of the acoustic rehabilitation of the buildings will be shown and materialized in a proposal of an acoustic rehabilitation of a XIX century building placed in Ave María Street in Lavapies.

Each rehabilitation work is a chance to improve the insufficient acoustic conditions of the builngs within technical and economical possibilities, despite of the fact that it might not be possible to reach the levels demand by the DB HR anyway.

Análisis del proyecto

1. ANÁLISIS DEL PROYECTO

1.1. LA REHABILITACIÓN URBANA.

Las ciudades en las que viviremos dentro de 20 años ya están construidas (Bernardo Secchi, 1984).

Probablemente todas las viviendas que necesitemos en los próximos años, están ya construidas. El modelo de desarrollo urbano de la última década, nos ha llevado a un consumo desmedido del suelo (En 2011 se calculan 3.4 millones de viviendas vacías en España), con las consecuencias económicas, sociales, energéticas y/o ambientales que ello conlleva.

Es nuestra tarea, por tanto, encontrar respuestas técnicas e incluso un nuevo estilo de vida que nos permitan vivir según un modelo que fomente la rehabilitación y las ciudades sostenibles, rompiendo con la trayectoria seguida por la teoría urbana durante buena parte de los siglos XX y XXI, el *crecimiento continuo*.

Los barrios, los tejidos urbanos y los edificios en proceso de degradación física, social o ambiental requieren acciones de rehabilitación que garanticen la recuperación y regeneración del espacio en la ciudad consolidada y que conduzcan el comportamiento de la edificación y del metabolismo urbano, hacia una eficiencia energética elevada y hacia cotas de sostenibilidad mínimas.

La rehabilitación no puede abordarse desde la exclusiva óptica de la recuperación física de los edificios y los entornos urbanos, debe ser un proceso participativo, que tenga como principales actores a los ciudadanos, con criterios de cohesión social.

Es esencial en este proceso, tener en cuenta la **variable acústica**, no sólo como requisito medioambiental sino como garantía de calidad de vida. Existe una creciente demanda social respecto al derecho al descanso y a una vida sin ruido. La sociedad es consciente de que la calidad y el confort acústico de las ciudades debe ser un signo de desarrollo y progreso.

En este sentido, el objetivo de este Trabajo de Fin de Máster es el de contribuir al estudio de las acciones de rehabilitación y las soluciones técnicas que permitan desarrollar edificios acústicamente eficientes en el barrio de Lavapiés. Analizar los problemas comunes del barrio en

cuanto a ruido y presentar propuestas de actuación en los edificios existentes que mejoren su calidad acústica.

La reglamentación actual sobre condiciones acústicas, el DB HR Protección frente al ruido es de obligado cumplimiento únicamente para las obras de rehabilitación integral, lo que supone que en gran parte de las intervenciones que se realizan en edificios existentes no se adoptan soluciones encaminadas a aumentar la calidad acústica de los edificios que habitamos.

Sin embargo, cada obra de rehabilitación es una [oportunidad de mejorar las deficientes condiciones acústicas](#) de los edificios, dentro de lo viable técnica y económicamente, a pesar de que puede que no se lleguen a alcanzar los niveles exigidos en el DB HR.



Figura 1.1 Fachada de un edificio del barrio de Lavapiés (Fotografía de Felipe Reinoso Carvalho)

1.2. OBJETIVOS

El ruido es uno de los contaminantes más invasivos y menos controlados, presente en todas las grandes ciudades del mundo, que afecta negativamente a la calidad de vida de las personas. Las sociedades modernas cada vez están más expuestas a este tipo de 'contaminación invisible', que aumenta a medida que se desarrollan más actividades en un espacio vital menor.

Existe la falsa leyenda de que *"Madrid es la ciudad más ruidosa del mundo después de Tokio"*. Lo cierto es, que el nivel de ruido de cualquier ciudad española es similar al resto de las europeas, con la diferencia de que el tráfico sigue activo hasta más tarde. Por ese motivo se podría afirmar que España es más ruidosa, por las características culturales de los países mediterráneos, pero el resto de la jornada los niveles de ruido son similares. En Madrid la población está expuesta a niveles de ruido superiores al límite máximo admitido por la OMS, 65 dB durante el día. La Casa de Campo es la única zona de la ciudad donde los madrileños no tienen que soportar ruido excesivo a ninguna hora del día.

Parece necesario, por tanto, continuar sensibilizando a la sociedad sobre la contaminación acústica urbana y adoptar soluciones encaminadas a mejorar las condiciones de aislamiento acústico de las viviendas ya existentes. Éste será el principal motor de este Trabajo de Fin de Máster, fomentar la cultura de la rehabilitación acústica como instrumento de lucha contra el ruido, para una sociedad más moderna y con un mayor *nivel* de consciencia del entorno sonoro.

Para ello se va a llevar a cabo una propuesta de acciones de rehabilitación acústica en los edificios existentes del barrio de Lavapiés, que no alteren la ciudad histórica, y que los transformen en edificios energéticamente eficientes y dotados de **confort acústico**, dentro de lo viable técnica y económicamente.

Como punto de partida se va a realizar un análisis urbanístico del barrio, estudiando la tipología de las calles, la caracterización de las fachadas, para intentar comprender la historia y la arquitectura de este barrio castizo de Madrid.

En paralelo, se va a realizar un análisis de la caracterización del ruido ambiental en el ámbito urbano del barrio de Lavapiés, tomando como objeto de estudio el **Mapa Estratégico de Ruido de la ciudad de Madrid 2006**. Se trata de estudiar el patrón espacio - temporal de la intensidad acústica urbana del barrio, conformado por determinados indicadores acústico ambientales, y de identificar y comparar las zonas del barrio con los niveles de ruido más problemáticos en los diferentes periodos.

Parece interesante además tratar de caracterizar el ruido sociológicamente e intentar determinar la percepción subjetiva del ruido de cada individuo. Mediante la aplicación de una encuesta de calidad acústica a los ciudadanos de Lavapiés se intentará lograr este objetivo, e investigar acerca de la sensibilidad de los vecinos ante la realidad acústica del barrio.

A partir de la caracterización sonora del barrio mediante el análisis expuesto anteriormente, se va a escoger un edificio con condiciones desfavorables en cuanto a ruido, sobre el que se va a centrar el estudio de rehabilitación. Se estudiarán las condiciones iniciales de aislamiento acústico del edificio objeto de estudio y se realizarán medidas *"in situ"* si fuera posible.

Por último se hará una propuesta de intervención de rehabilitación acústica para el edificio seleccionado, que irá acompañada de la valoración económica del proyecto de rehabilitación.

El proyecto tiene como **objetivo general** planificar, evaluar y controlar el *ruido* urbano mediante acciones de rehabilitación acústica. En particular, los **objetivos específicos** que van a marcar el desarrollo de este TFM son los siguientes:

- Análisis y **caracterización urbanística** del barrio de Lavapiés.
- Estudio del **Mapa Estratégico de Ruido 2006** de Lavapiés .
- Realizar una **encuesta** sobre ruido ambiental en el barrio. Explorar e investigar el **carácter sociológico del ruido urbano**.
- Proponer las soluciones que pueden introducirse en la **rehabilitación** de edificios para mejorar sus condiciones acústicas.
- Mejorar los niveles de habitabilidad y confort acústico en las viviendas, aumentando el valor de las mismas y el bienestar de los que viven en ellas.
- Estudiar el **aislamiento vertical de fachadas**, como alternativa para optimizar los recursos empleados en el tratamiento acústico de fachadas.
- Promover el desarrollo de **una vida sin ruido**.
- Fomentar la **cultura de la rehabilitación** entre los ciudadanos, como un instrumento para frenar la expulsión de residentes, preservar la diversidad social, y para recuperar los tejidos urbanos.
- **Prolongar la vida de los edificios**.
- Ofrecer soluciones: técnica, económica y socialmente viables.

Estudio urbanístico del barrio de Lavapiés

2. ESTUDIO URBANISTICO

2.1. UN POCO DE HISTORIA

Lavapiés es uno de los barrios más antiguos de Madrid, con más de 500 años de antigüedad. La mayor mezcla de razas de toda la ciudad. Fue el barrio judío de Madrid. Su principal centro de actividad y reunión era la Sinagoga, situada en el lugar donde hoy se encuentra la Iglesia de San Lorenzo, que se comunica con la plaza de Lavapiés a través de la calle que hoy se llama de la Fe, llamada entonces calle de la Sinagoga.



Figura 2.1 Calle de la Fe a Iglesia de San Lorenzo.

Tras la expulsión de los judíos en el siglo XV, algunas familias judías se vieron en la necesidad de convertirse al catolicismo para mantenerse con vida. Así surge la cristianización de las viejas calles moriscas, que cambiaron sus nombres por otros de exagerada exaltación religiosa como calle Ave María, de la Fe, Amor de Dios etc.

Su denominación aparece por vez primera en un documento del siglo XVI y parece que podría proceder de una fuente que había en la plaza, donde se hacía el lavado ritual de los pies como purificación antes de acudir a la sinagoga. En cualquier caso, sí es cierto que en la plaza hubo una importante fuente hasta finales del siglo XIX. Lavapiés es el nombre original del barrio: la denominación El Avapiés, es en realidad una ultracorrección de *Lavapiés*, nombre más antiguo que el anterior.



Figura 2.2 Barrio de Lavapiés - Plano de Teixeira, 1656

Su poblamiento y edificación tuvo lugar en el último tercio del siglo XVI. Hacia 1590 el límite sur de la ciudad de Madrid pasaba aproximadamente por la plazuela de Lavapiés. Desde sus comienzos el barrio de Lavapiés fue uno de los barrios modestos de la Corte, denominados “bajos”, no por el estrato social o económico de sus habitantes sino por su emplazamiento y situación topográfica en relación con el resto del casco urbano de Madrid en esa época. El origen humilde de sus primeros habitantes pone de manifiesto que sus viviendas se asentaron sobre solares pequeños y que sus casas fueran, en general, modestas.

Fue lugar de duelos de espadachines, atracos y picaresca tan del siglo XVII. En el siglo XVIII el barrio es residencia de caleseros (conductores de carruajes), toreros, majos, manolas y demás tipos de la época. En el siglo XIX se llamará **distrito de la Inclusa**. A finales del siglo XIX e inicios del XX el barrio está habitado, mayoritariamente, por madrileños. Tras la guerra civil, que fue bastante dura en este barrio, como en todos, se produce la decadencia lenta, acentuada en los años del desarrollismo franquista.

A finales de los años 80 Lavapiés es un barrio habitado exclusivamente por gente mayor, típicamente en casas viejas y de pequeñas dimensiones construidas alrededor de un patio (lo que se llama **corrala**, aunque su denominación correcta es la de *casa de corredor*). La abundancia de casas abandonadas y de viviendas de renta baja atrajo en los años 80 y 90 a multitud de jóvenes con pocos recursos, entre ellos numerosos ocupas. Lavapiés ha sido, probablemente, la zona de Madrid con mayor densidad de casas ocupadas, y en ella tuvieron lugar las primeras experiencias de ocupación de la capital. Hoy día, se siguen manteniendo un cierto número de centros sociales ocupados en el barrio, además sigue siendo el barrio con mayor cantidad de asociaciones y movimiento vecinal de Madrid.

Debido al rápido crecimiento que España experimentó durante la última década, un amplio grupo de personas llegó del extranjero. En Madrid, debido a los altos precios del alquiler en la ciudad, la tendencia fue instalarse en este barrio. Se calcula que alrededor del 28.6% ¹ de la población del barrio es de origen extranjero. Debido a esta multiculturalidad, eventos como el año nuevo chino o el ramadán tienen tanta resonancia en Lavapiés como la Navidad.

La **plaza de Lavapiés** es el centro social del barrio. Es una verdadera mezcla de razas y tipos de todas formas y condiciones. Es una plaza de forma triangular orientado su vértice al sur. Tiene aulas de la UNED y el **Teatro Valle Inclán**, antiguo teatro Olimpia y premio de Arquitectura Española 2007, y una serie de comercios cada vez más en proceso de cambio por otros de carácter étnico.



Figura 2.3 Plaza de Lavapiés

¹ Datos del Padrón Municipal de Habitantes. Dirección General de Estadística. Área de Gobierno de Hacienda y Administración Pública. Ayuntamiento de Madrid. Datos provisionales. 2 de Marzo de 2013.



Figura 2.4 Edificios de la Plaza de Lavapiés



Figura 2.5 Teatro Valle Inclán en la Plaza de Lavapiés

Llegando de la Calle de Argumosa giramos a la derecha para llegar al **Café Barbieri**, en el inicio de Ave María, en su esquina con la Travesía de la Primavera. El café Madrileño es una institución del Madrid Romántico Realista y de antes de la Guerra Civil, fue inaugurado en **1902**. Un ejemplo de cómo un lugar sobrevive al tiempo.



Figura 2.6 Café de Barbieri en la calle de Ave María

Se sigue por la plaza, cruzando la Calle del Olivar y se toma al sur la de Tribulete. Por Tribulete se llega al extremo sur de la calle del Mesón de Paredes, rincón castizo y cosmopolita a la vez con: la **Corrala**, las Escuelas Pías, y la Inclusa.

La **corrala** es Monumento Nacional desde 1977. Está hoy abierto su patio al exterior, por lo que vemos mejor su estructura. Estos patios estaban cerrados. Su arquitecto fue José María de Mariátegui, que la realizó en **1839**. Hace unos treinta años que fue restaurada para la posteridad.



Figura 2.7 La Corrala de la Calle Mesón de Paredes – Monumento Nacional desde 1977

Tras ver la corrala, te sitúas en la calle de Mesón de Paredes, detrás de la calle de Embajadores y del Mercado de San Fernando. Se abre un espacio a modo de placita, la Plaza de Agustín Lara, donde se encuentran las **Escuelas Pías**, un antiguo edificio religioso de Madrid. Se construyó para escuelas de los curas Escolapios entre **1762 y 1791**. Fue destruido en la guerra civil y quedó la ruina de su iglesia, sus aulas se convirtieron en el **Mercado de San Fernando**. Sobrevivió la gran cúpula sobre tambor y parte de la fachada. Tras estar en abandono, en 2002 se restauró como centro asociado y **biblioteca de la UNED**. Es un ejemplo de cómo salvar unas ruinas históricas.



Figura 2.8 Biblioteca UNED - Escuelas Pías en la Plaza de Agustín Lara

En la misma plaza hay un **bloque de viviendas** de tipo moderno y sin valor estético, **de los años 70**. Nos fijamos en él porque era el solar de una institución muy célebre del Madrid del ayer: **La Inclusa**. El "inclusero" era un personaje típico de aquél Madrid: había pasado su infancia en esta institución. Las madres abandonaban a sus hijos recién nacidos y los depositaban de forma anónima en los tornos que existían en la misma inclusa. Se derribó este edificio y se erigió el bloque moderno que se puede ver hoy.



Figura 2.9 La Inclusa y el colegio de la Paz, Madrid 1910 – Calle de Embajadores



Figura 2.10 Bloque de viviendas de los años 70 en la Plaza de Agustín Lara

2.2. ANÁLISIS URBANÍSTICO

2.2.1. INTRODUCCIÓN

En este apartado se va a describir el espacio urbano de Lavapiés a través del cual se propaga el **ruido urbano**. Se van a recopilar datos relativos a las alturas y tipologías de edificación, así como a sus usos, anchos de las calles, tipos de viario, estado de los edificios.

Lavapiés es la zona más popular del barrio de **Embajadores**. Está situado en la parte más meridional del **Distrito Centro** de la ciudad de Madrid. Cubre un área de aproximadamente **105 hectáreas** cuyas medidas son aproximadamente 1.000 x 1.700 m. es decir, una quinta parte de la superficie de todo el casco antiguo. La población residente en Embajadores es de casi **50.000 habitantes**, más de un tercio de la población del distrito Centro por lo que destaca su carácter residencial y su alta densidad de población en comparación con el resto de barrios.

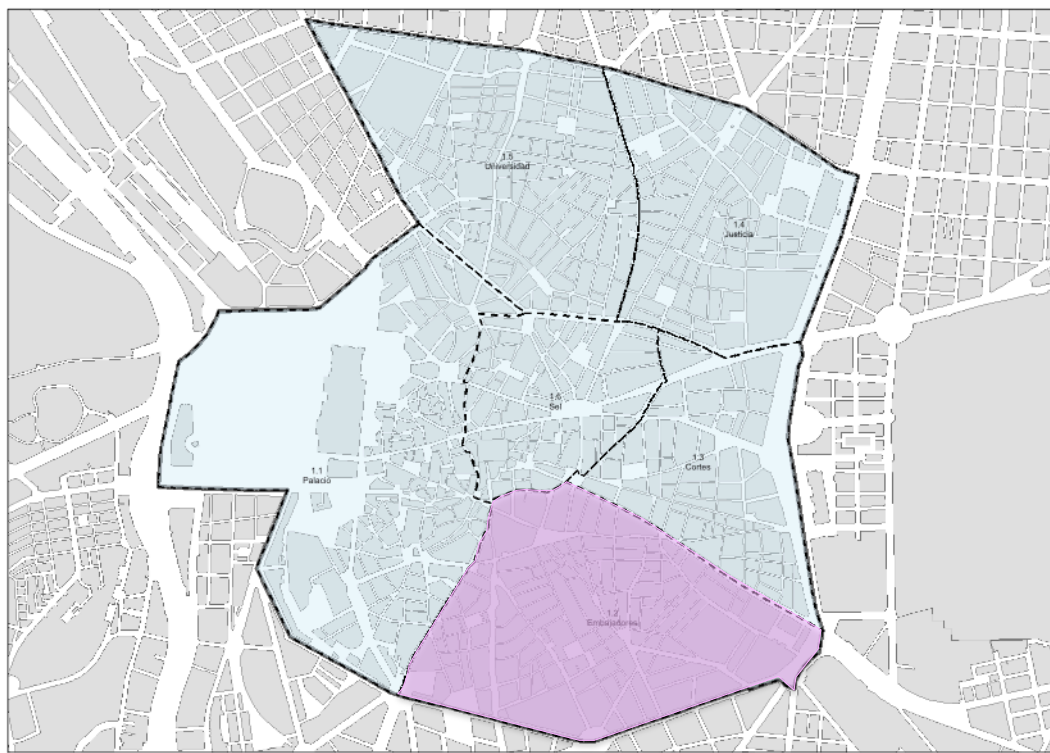


Figura 2.11 Límites administrativos en el Distrito Centro. Embajadores

2.2.2. EL ESPACIO URBANO

El **tejido urbano** de Lavapiés se identifica claramente en el plano de la ciudad de Madrid, por tratarse de una zona densamente edificada donde la geometría es más irregular, las parcelas más pequeñas, el viario más estrecho y los espacios públicos menores. A esto se añade el factor topográfico: pendientes N-S bastante pronunciadas (cerca de 40m de altura en tan solo 1Km en dirección longitudinal). Por todo esto, la zona resulta especialmente compleja, afectando a la movilidad y a los flujos dentro del propio barrio.

La pauta de ocupación se repite homogéneamente en todo el ámbito urbano de Lavapiés, con alturas que varían arbitrariamente y superficies heterogéneas, produciéndose una amplia variedad de condiciones de habitabilidad. Únicamente encontramos alguna tipología que se repite, como la "corrala", tipología que se asocia a edificios de planta cuadrada con un patio central y corredores en su perímetro interior, desde los que se accede a las diferentes viviendas, aunque han sufrido modificaciones a lo largo de los tiempos. Esta tipología tiene gran peso en la tradición madrileña.



Figura 2.12 Viales principales del Barrio de Lavapiés

Del análisis sobre el proceso de consolidación de la zona, se intuye que fue lento y ausente de planificación. Los edificios responden a cierta "informalidad", en el sentido estricto de la palabra, conformando manzanas de formatos y dimensiones heterogéneas, con caserío construido con anterioridad al siglo XX, por lo que el deterioro es elevado y alto el número de infraviviendas. Por la intensa densidad de edificación, junto con la existencia de patios estrechos, la densidad de población es muy alta, 486, 67 habitantes por hectárea.

Lavapiés se encuentra rodeado por importantes ejes viarios, que conectan el barrio con el resto de la ciudad: las calles Atocha y Toledo, y las Rondas de Valencia y de Toledo. En cuanto a la red interior está constituida por una estructura de calles estrechas -entre 6 y 9 metros, limitándose los espacios libres de edificación a las plazas de Lavapiés, Agustín Lara, Tirso de Molina y Campillo del Nuevo Mundo, destacando, por su importancia estructurante, las siguientes calles: **Embajadores, Ribera de Curtidores, Lavapiés, Ave María, Argumosa y Santa Isabel**. La zona, por su centralidad, está bien comunicada con el resto de la ciudad, encontrándose atravesada por las líneas 1 y 3 de Metro.²

2.2.3. GEOMETRÍA DE LAS CALLES

La geometría de la calle se define como la relación entre altura de los edificios y la anchura de la calle. Este parámetro puede describirse a través de una proporción fraccional altura/anchura (4,3,2,1,1/2,1/3 y 1/4) o a través de un término más intuitivo conocido como el "ángulo de la sección urbana", con el que indirectamente se indica la proporción de cielo que percibe el viandante.

Este ángulo es medido desde un punto de vista situado a la altura de los ojos de un observador colocado en el borde más desfavorable de la sección.

Se tiene en cuenta una apertura visual del ojo humano de 27° sobre la horizontal en estado de vista en reposo y de 45° realizando un breve movimiento de cabeza natural.

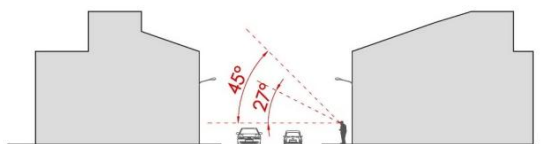


Figura 2.13 Apertura Visual en ángulo de la sección urbana

Se pueden considerar 5 situaciones diferentes en función del ángulo de sección urbana:

- Ángulo mayor de 45°, solo se podrá ver el cielo desde la acera opuesta forzando la posición.
- Ángulo comprendido entre 27° y 45°, se podrá ver el cielo realizando un leve movimiento de cabeza.
- Ángulo comprendido entre 19° y 27°, el cielo forma parte del campo visual pero no supera un tercio del total del campo de vista.
- Ángulo comprendido entre 14° y 19°, el cielo representa entre la mitad y un tercio del campo de vista.
- Ángulo comprendido entre 10° y 14°, el cielo predomina en el campo de vista llegando a ocupar las tres cuartas partes del campo de vista.
- Ángulo menor de 10°, se pierde la sensación de espacio urbano.

² Plan de Barrio de Lavapiés. Ayuntamiento de Madrid y la F.R.A.V.M.

http://www.madrid.es/UnidadesDescentralizadas/UDGParticipacionCiudadana/07_Contenidos/Planes_De_Barrio/Lavapiés/Folleto_Lavapiés.pdf

■ ANCHURA DE LA CALLE

En este trabajo se define la anchura de la calle como la distancia entre edificios a nivel de calle, aunque urbanísticamente el concepto no sea exactamente el mismo. Desde el punto de vista del análisis del ruido urbano, el ancho de la calle nos facilita información sobre la capacidad de flujo de viandantes y de tráfico rodado que tiene la misma. Las calles muy estrechas podrán llevar sólo un tráfico escaso y discontinuo a velocidades bajas, y las calles muy anchas suelen tener un viario ancho con varios carriles, con muy intenso y continuo.

En el entramado de calles irregular e inconstante de Lavapiés, las bocacalles son pocas y generalmente estrechas llegando fácilmente a alcanzar una anchura de 4-5 metros en comparación con los 6-12 metros de media de las principales. Debido a esta conformación territorial el viario ha sido poco permeable al tráfico.

■ ALTURA DE LOS EDIFICIOS

La altura de los edificios es un dato importante desde el punto de vista de su comportamiento como obstáculos en la propagación del ruido urbano

El dato de altura de las edificaciones se ha introducido en base al resultado del análisis de zonas edificadas (trabajo de campo), extendiéndola según la apariencia y características de las ortofotos. . En la red interior de Lavapiés predominan los edificios de 4 o 5 plantas.

Tabla 2.1. Ancho y altura media de las calles – Red interior

Nombre de la Vía	Ancho (m)	Altura (m)
Ribera de Curtidores	25	19
Embajadores	15	19
Mesón de Paredes	7	16
Lavapiés	8	17
Ave María	9	18
Argumosa	19	17
Santa Isabel	13	16

Tabla 2.2. Ancho y altura media de las calles – Límites del distrito

Nombre de la Vía	Ancho (m)	Altura (m)
Toledo	13	17
Ronda de Toledo	30	21
Ronda de Valencia	30	19
Ronda de Atocha	30	20
Atocha	14	22
Concepción Jerónima	10	17

RIBERA DE CURTIDORES

La calle Ribera de Curtidores presenta una anchura cercana a los 25m y una altura media de 19m.

La sección escogida para su estudio a la altura del número 18, presenta una anchura de 25.5 m. El edificio situado al Oeste de la vía presenta 5 alturas (B+ IV) y el edificio al Este tiene 6 alturas (B+V).

Para calcular el ángulo de sección urbana se ha considerado la planta 6 por ser el punto más desfavorable. La proporción altura/anchura en esta calle es de aproximadamente 1/1. El ángulo de sección urbana es de 40.8° , siendo medianamente abierto ya que para poder mirar al cielo se necesita realizar un leve movimiento de cabeza.

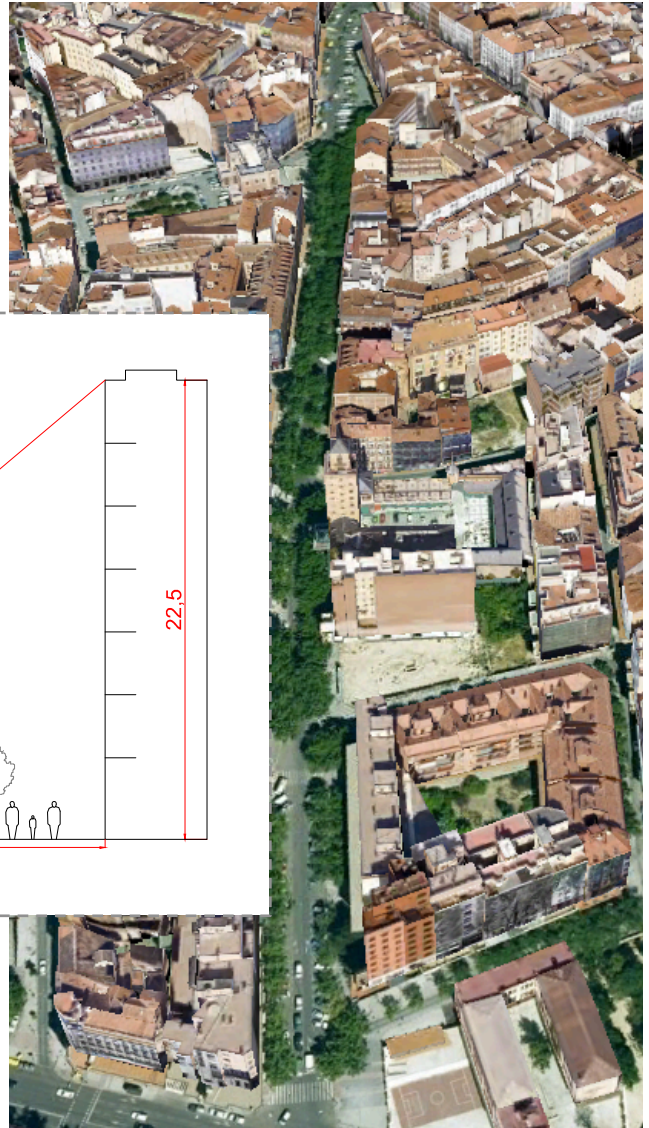
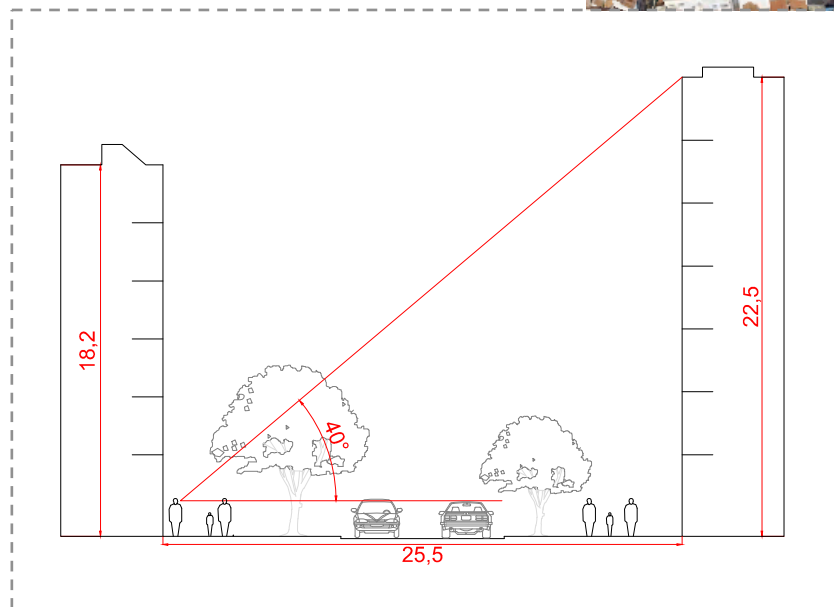


Figura 2.14 Geometría Calle Ribera de Curtidores

EMBAJADORES

La calle Embajadores tiene un anchura media de 15 m, con estrechamientos a lo largo de la calle a medida que la recorremos en dirección norte. La altura media de los edificios es de aproximadamente 19m.

La sección escogida para estudio está a la altura del número 42, y presenta una anchura de 10 m. Ambos edificios situados al Oeste/Este de la vía presentan 5 alturas (B+ IV).

El ángulo de sección urbana se ha calculado desde el edificio Oeste por ser el punto más desfavorable. La proporción altura/anchura en esta calle es de aproximadamente 2/1. El ángulo de sección urbana es de 62.5° , lo que describe una calle muy cerrada ya que para poder mirar al cielo se necesita forzar mucho la posición de la cabeza.

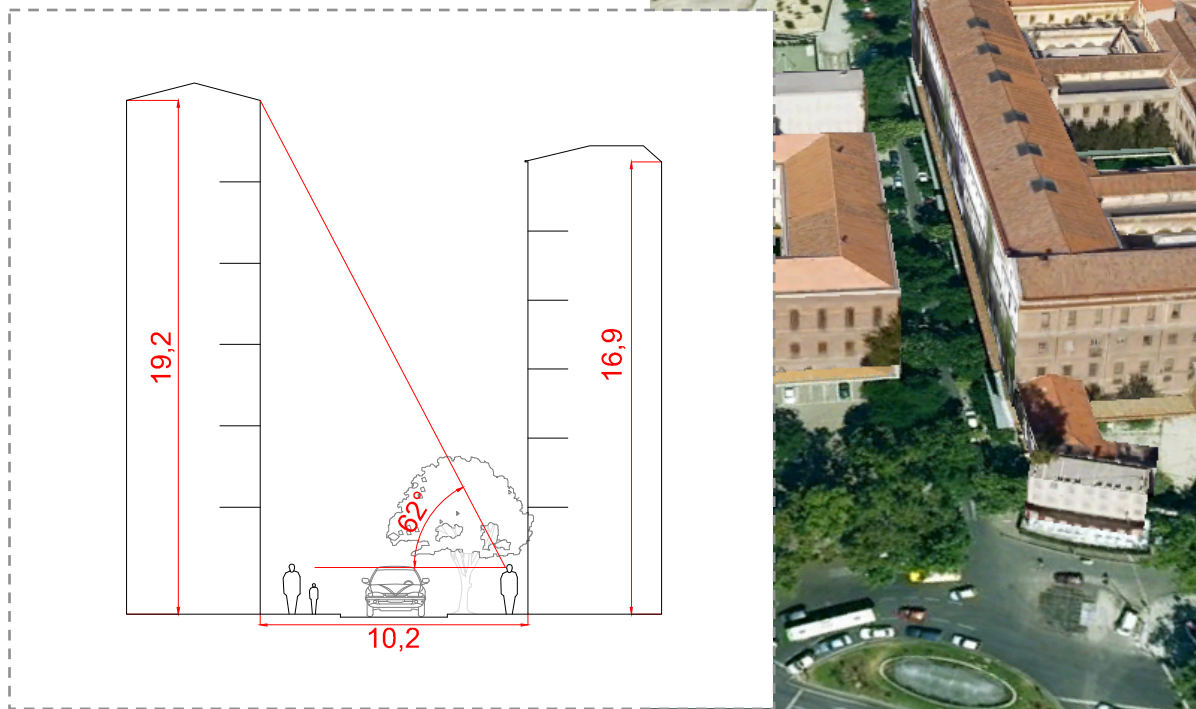


Figura 2.15 Geometría Calle Embajadores

MESÓN DE PAREDES

La calle Mesón de paredes presenta distintos anchos y un estrechamiento en dirección Norte.



El ancho medio de la calle es de aproximadamente 7m, y la altura media de los edificios es de 16m.

Para estudiar la geometría se ha elegido la sección de la calle a la altura del número 69. Ambos edificios situados al Oeste/Este de la vía presentan 4 alturas (B+ III).

El ángulo de sección urbana se ha calculado desde el edificio Oeste por ser el punto más desfavorable. La proporción altura/anchura en esta calle se aproxima a 3/1. El ángulo de sección urbana es de 68° , lo que describe una calle muy cerrada ya que para poder mirar al cielo se necesita forzar mucho la posición de la cabeza.

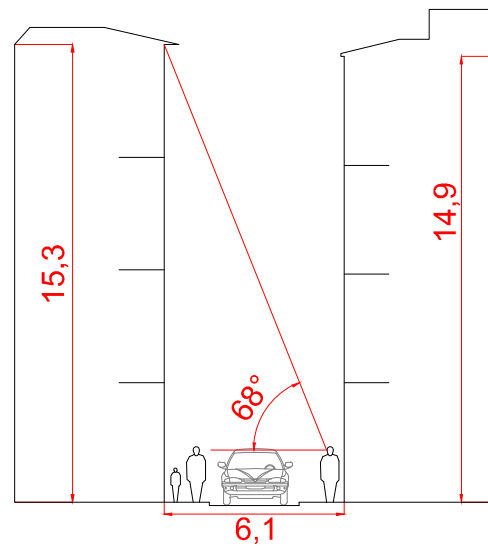


Figura 2.16 Geometría Calle Mesón de Paredes

LAVAPIÉS

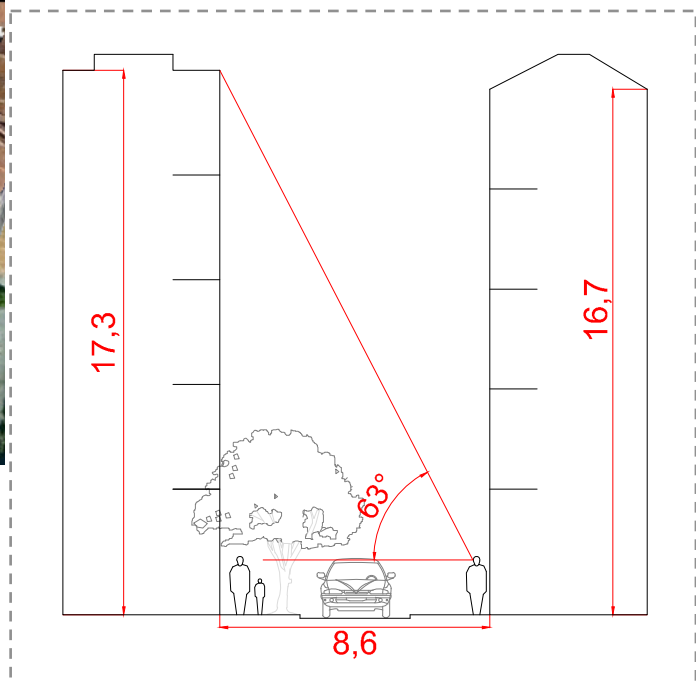


La calle de Lavapiés presenta un ancho medio de aproximadamente 8m, y una altura media de los edificios es de 17 m.

Para estudiar la geometría se ha elegido la sección de la calle a la altura del número 53. Ambos edificios situados al Oeste/Este de la vía presentan 5 alturas (B+ IV).

El ángulo de sección urbana se ha calculado desde el edificio Oeste por ser el punto más desfavorable. La proporción altura/anchura en esta calle es de 2/1. El ángulo de sección urbana es de 64° , lo que describe una calle muy cerrada ya que para percibir el cielo hay que forzar la posición de la cabeza.

Figura 2.17 Geometría Calle Lavapiés



AVE MARÍA



La calle Ave María presenta un ancho casi homogéneo en todo su trazado.

El ancho medio de la calle es de aproximadamente 14m, y la altura media de los edificios es de 19m.

Para estudiar la geometría se ha elegido la sección de la calle a la altura del número 28. El edificio situado al Oeste de la vía tiene 5 alturas (B+ IV) y el situado al Este de la vía presenta 6 alturas (B+ V).

El ángulo de sección urbana se ha calculado desde el edificio Este por ser el punto más desfavorable. La proporción altura/anchura en esta calle se aproxima a 1/1. El ángulo de sección urbana es de 53° , lo que describe una calle cerrada ya que para poder mirar al cielo se necesita forzar la posición de la cabeza

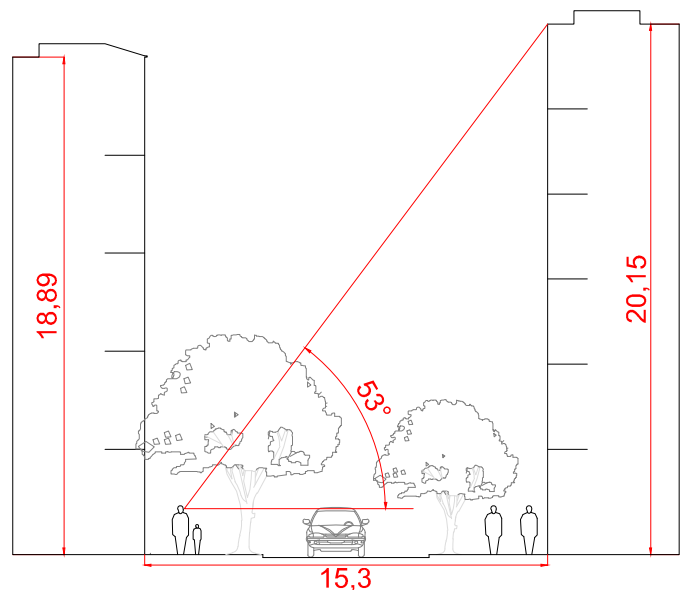
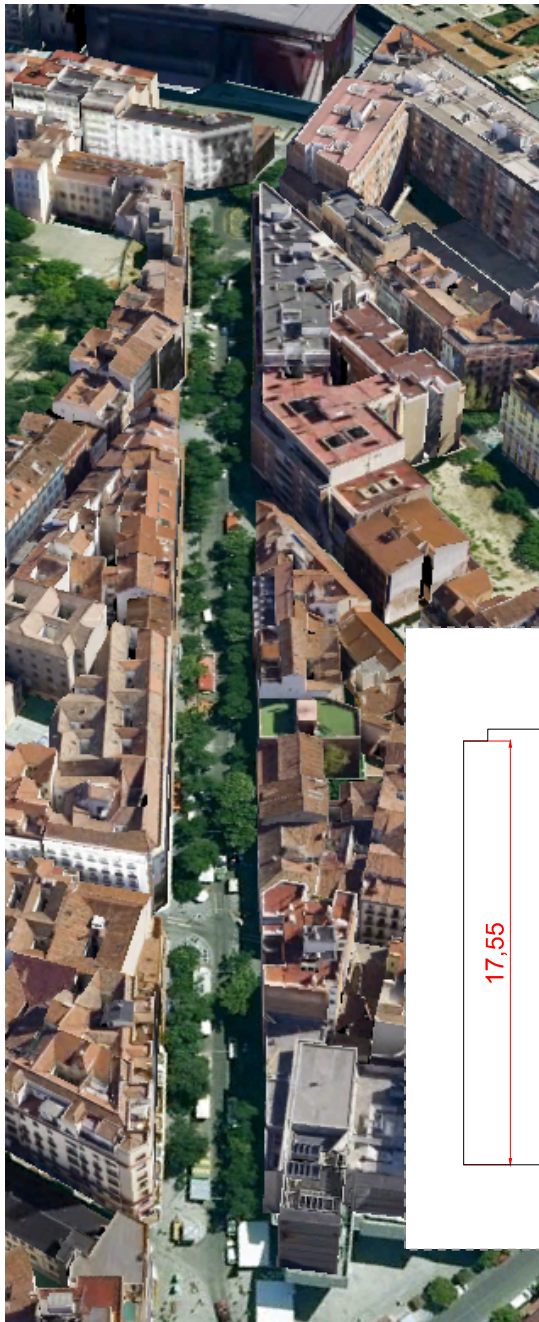


Figura 2.18 Geometría Calle Ave María

ARGUMOSA



La calle Argumosa presenta un ancho medio de aproximadamente 19m, y la altura variable en los edificios, la altura media sería de 21m.

Para estudiar la geometría se ha elegido la sección de la calle a la altura del número 13. Ambos edificios en este punto de la vía tienen 5 alturas (B+ IV).

El ángulo de sección urbana se ha calculado desde el edificio Este por ser el punto más desfavorable. La proporción altura/anchura en esta calle se aproxima a 1/1. El ángulo de sección urbana es de 49° , lo que describe una calle ancha ya que para poder mirar al cielo no es preciso forzar mucho la posición de la cabeza.

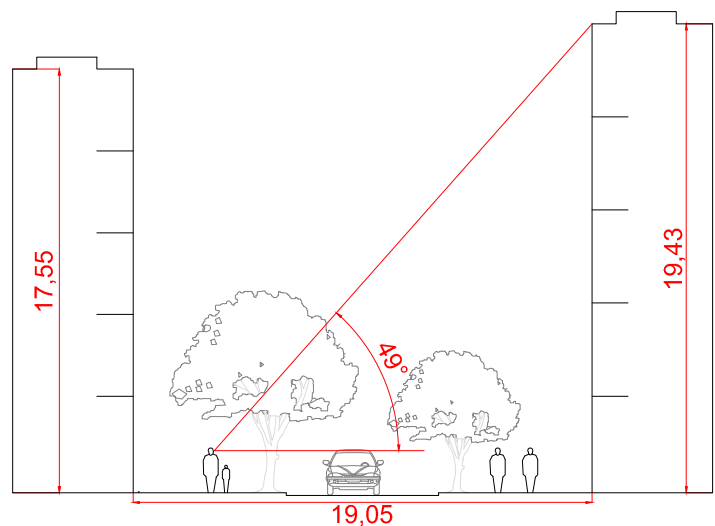


Figura 2.19 Geometría Calle Argumosa

SANTA ISABEL

La calle Santa Isabel presenta una anchura media de 13m estrechándose dirección Norte y una altura media de 17m.

La sección escogida para su estudio a la altura del número 42, presenta una anchura de 19,9 m. El edificio situado al Oeste de la vía presenta 5 alturas (B+ IV) al igual que el edificio Este.

Para calcular el ángulo de sección urbana se ha considerado la altura del edificio Este (19,93m) por ser el punto más desfavorable. La proporción altura/anchura en esta calle es de aproximadamente 1/1. El ángulo de sección urbana es de 53°, lo que describe una calle ancha ya que para poder mirar al cielo no es preciso forzar mucho la posición de la cabeza.

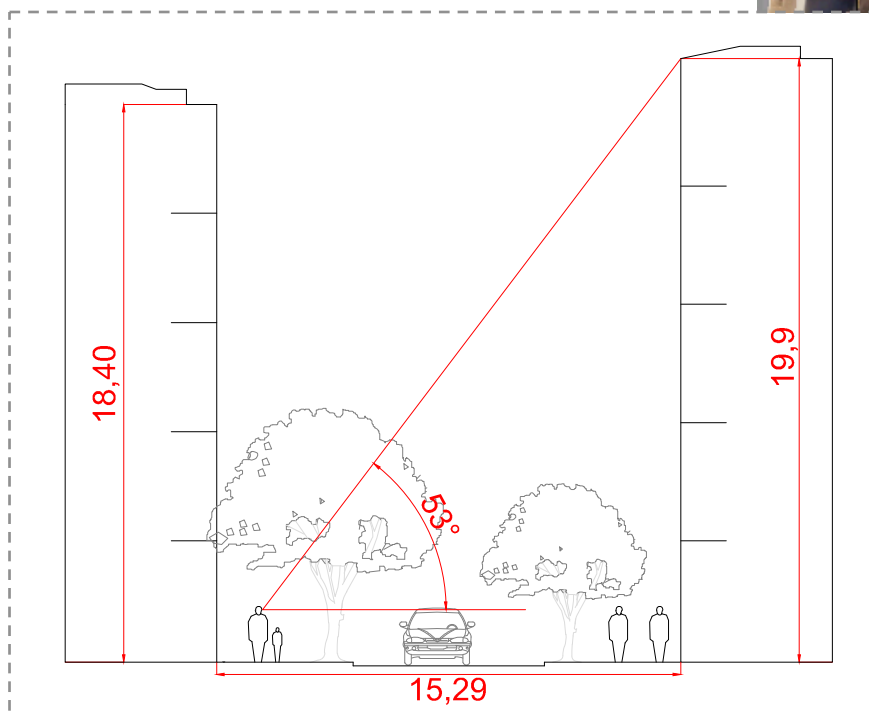


Figura 2.20 Geometría Calle Santa Isabel



CONCEPCIÓN JERÓNIMA



Concepción Jerónima es una calle estrecha en todo su trazado presenta anchura media de 9,5m y una altura que oscila entre los 18 y 22m.

La sección escogida para su estudio a la altura del número 12, presenta una anchura de 11m. El edificio situado al Sur de la vía presenta 6 alturas (B+ V) al igual que el edificio Norte.

Para calcular el ángulo de sección urbana se ha considerado la altura del edificio Sur (22m) por ser el punto más desfavorable. La proporción altura/anchura en esta calle es de aproximadamente 2/1. El ángulo de sección urbana es de 63° , lo que describe una calle angosta ya que para poder mirar al cielo es preciso forzar mucho la posición de la cabeza.

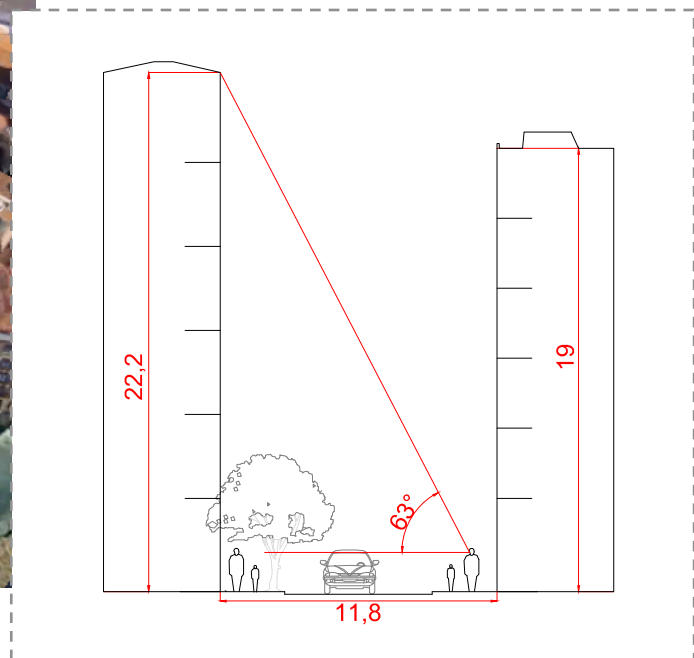


Figura 2.21 Geometría Calle Concepción Jerónima

TOLEDO



La calle Toledo presenta una anchura bastante homogénea que varía entre 15 y 18 metros. La altura media del trazado es de 18,5m.

La sección escogida para su estudio a la altura del número 70, presenta una anchura de 15,5 m. El edificio situado al Oeste de la vía presenta 5 alturas (B+ IV) y el situado al Este 6 (B+ V).

Para calcular el ángulo de sección urbana se ha considerado la altura del edificio Oeste (17,6m) por ser el punto más desfavorable. La proporción altura/anchura en esta calle es de aproximadamente 1/1. El ángulo de sección urbana es de 50°, lo que describe una calle ancha ya que para poder mirar al cielo no es preciso forzar mucho la posición de la cabeza.

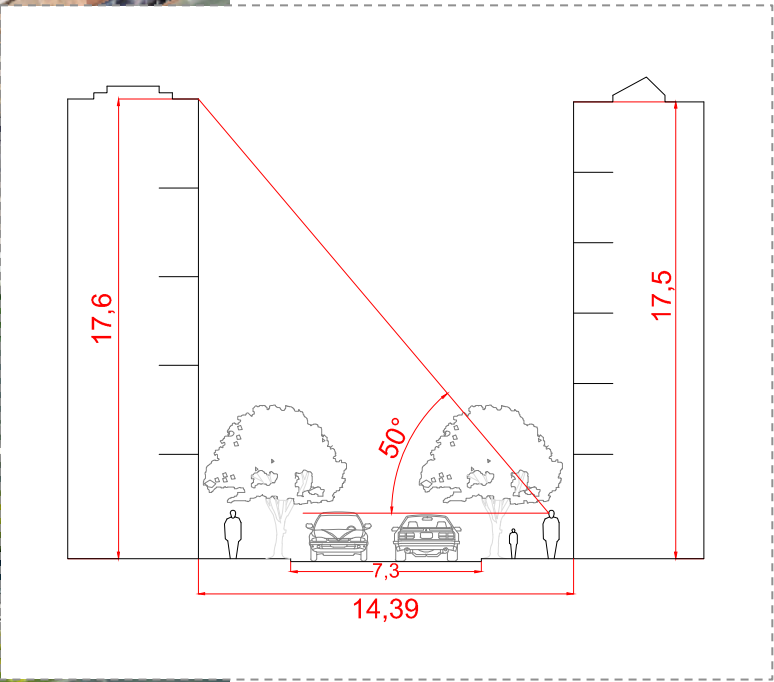


Figura 2.22 Geometría Calle Toledo

Datos del viario	
Dimensión de la calzada	7,30 m
Carriles	1 carril por sentido
Medianas	Línea simple pintada de 15 cm
Trafico	Intenso y de velocidad moderada
Longitud de la calle	770 m

RONDA DE TOLEDO



La calle Ronda de Toledo es una de las calles más anchas de este barrio tiene una anchura casi uniforme en todo su recorrido de 31m y una altura media de 21m.

La sección escogida para su estudio a la altura del número 14, presenta una anchura de 31,2 m. El edificio situado al Norte de la vía presenta 5 alturas (B+ IV) y el edificio Sur tiene 8 alturas (B+ VII).

Para calcular el ángulo de sección urbana se ha considerado la altura del edificio Sur (26,20m) por ser el punto más desfavorable. La proporción altura/anchura en esta calle es de aproximadamente 1/2. El ángulo de sección urbana es de 40°, lo que describe una calle bastante ancha ya que para poder mirar al cielo no es necesario levantar la posición de la cabeza.

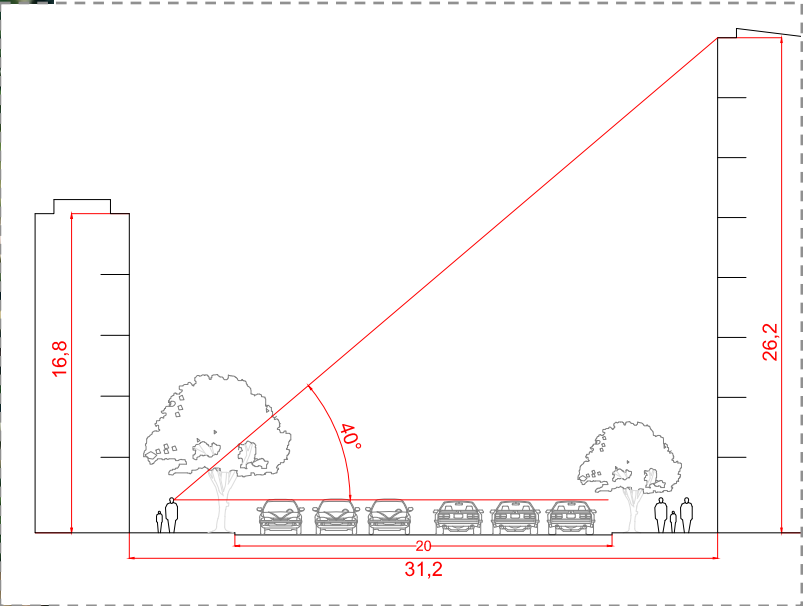


Figura 2.23 Geometría Ronda de Toledo

Datos del viario	
Dimensión de la calzada	22 m
Carriles	3-4 carriles por sentido
Medianas	Línea doble pintada de 30 cm
Trafico	Intenso y de velocidad elevada
Longitud de la calle	714,72 m

RONDA DE VALENCIA Y RONDA DE ATOCHA

La calle Ronda de Atocha es una calle que a mitad de su trazado (cruce con la Avenida de Valencia) cambia su nombre al de Ronda de Valencia, estas calles se han estudiado como una sola. Esta ronda es otra de las más anchas, presenta una anchura media de 30m y una altura media de 25m.

La sección escogida para su estudio a la altura del número 33, presenta una anchura de 30,6 m. El edificio situado al Noroeste de la vía presenta 7 alturas (B+ VI) y el edificio Sureste 6 alturas (B+ V).

Para calcular el ángulo de sección urbana se ha considerado la altura del edificio Noroeste (25,5m) por ser el punto más desfavorable. La proporción altura/anchura en esta calle es de aproximadamente 1/1.El ángulo de sección urbana es de 40°, lo que describe una calle bastante ancha ya que para poder mirar al cielo no es necesario levantar la posición de la cabeza.

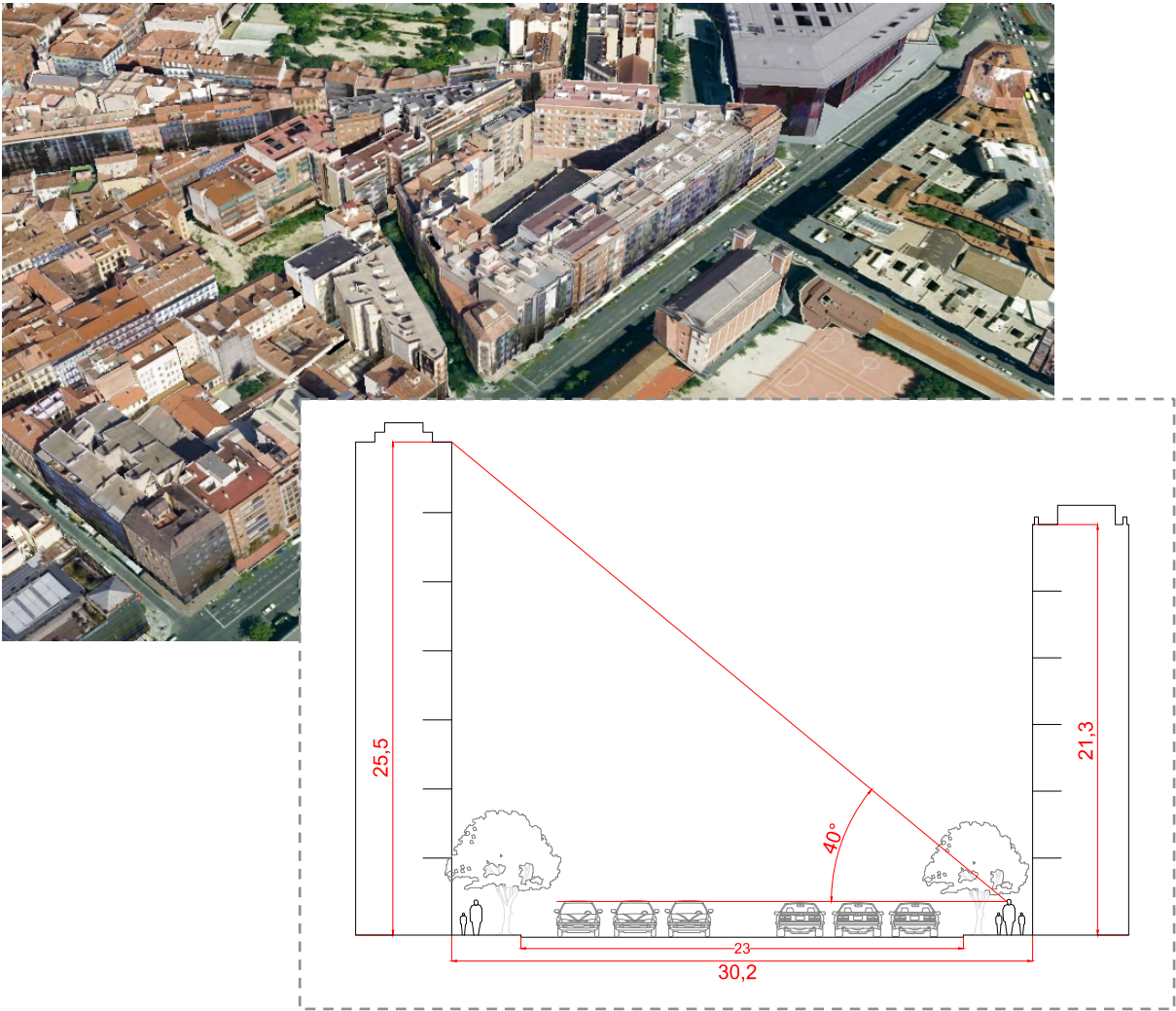


Figura 2.24 Geometría Ronda de Valencia y Ronda de Atocha

Datos del viario	
Dimensión de la calzada	23 m
Carriles	3 carriles por sentido + aparcamientos
Medianas	Línea doble pintada de 30 cm
Trafico	Intenso y velocidad rápida
Longitud de la calle	741,8 m

ATOCHA



La calle Atocha presenta una anchura media de 22m estrechándose dirección Norte llegando a los 11m y una altura media de 20m.

La sección escogida para su estudio a la altura del número 66, presenta una anchura de 15m. El edificio situado al Oeste de la vía presenta 6 alturas (B+ V) y el edificio Este 5 alturas (B+ IV).

Para calcular el ángulo de sección urbana se ha considerado la altura del edificio Oeste (22,6m) por ser el punto más desfavorable. La proporción altura/anchura en esta calle es de aproximadamente 2/1. El ángulo de sección urbana es de 58°, lo que describe una calle estrecha ya que para poder mirar al cielo es preciso forzar bastante la posición de la cabeza.

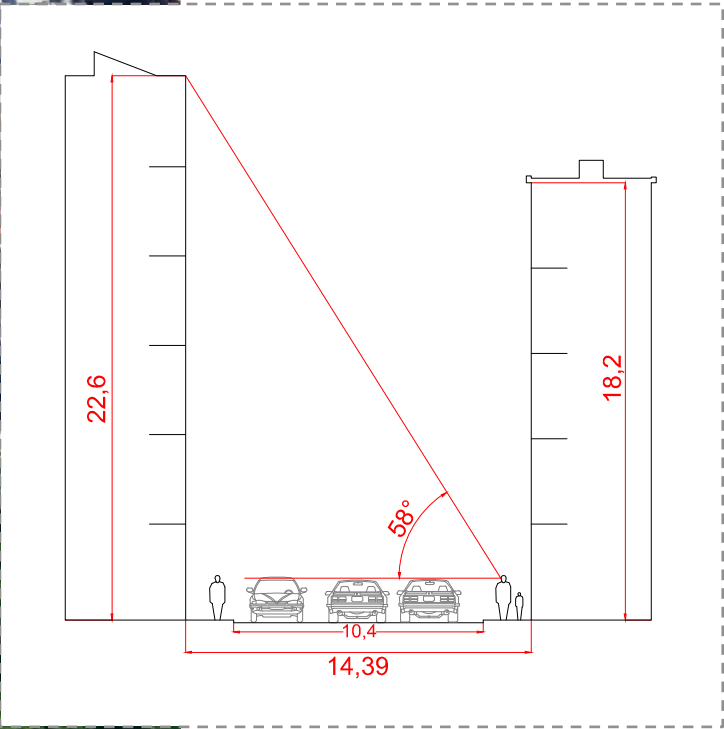


Figura 2.25 Geometría Calle de Atocha

Datos del viario	
Dimensión de la calzada	10,4 m
Carriles	2 carriles para un sur y 1 carril para el sentido norte + aparcamientos
Medianas	Línea doble pintada de 30 cm
Trafico	Intenso y velocidad moderada
Longitud de la calle	1270 m

2.2.4. TIPOLOGÍAS EDIFICATORIAS

Según el Censo de Edificios 2001, en Lavapiés hay un total de 1900 edificios de los cuales 1766 son residenciales y sólo 134 tienen una función diferente a la residencial, con pocos edificios representativos de valor histórico-artístico.

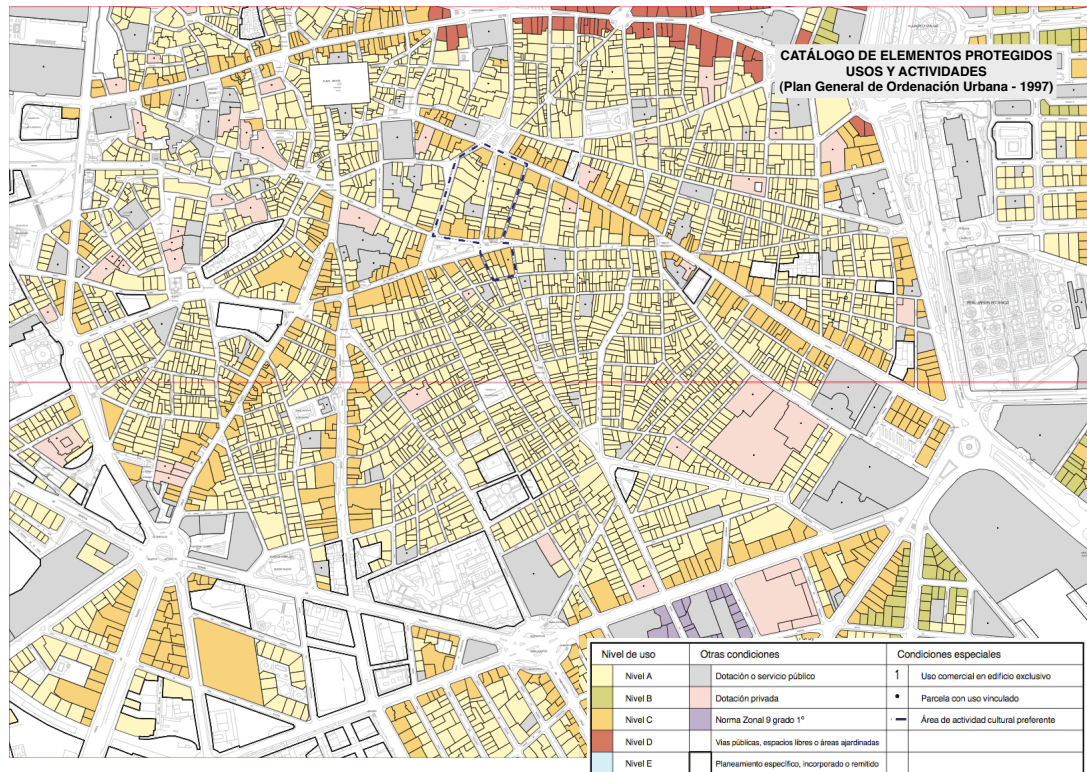


Figura 2.26 Mapa de Usos y actividades de Lavapiés - PGOUM

Principalmente predomina el *suelo de uso residencial (Nivel A)*, destacando también el uso de garaje -aparcamiento (*Nivel C*) y en menor medida el uso dotacional o de servicio público. También se distinguen áreas de dotación privada y la ausencia de usos como el terciario (*Nivel D*) o el industrial (*Nivel D*).

Las edificaciones con uso residencial albergan un total de 28818 viviendas. La tipología más extendida en el barrio es la 'casa de corredor o corrala', símbolo de la construcción histórica de Madrid.

■ CASA DE CORREDOR O CORRALA

Este tipo de construcción se comenzó a realizar en Madrid en los siglos XVI y XVII, después que Felipe II se trajera la corte, provocando con ello una gran demanda de viviendas para trabajadores y artesanos que obligaba a aprovechar cada metro de suelo. Pero de esa época no ha quedado nada. Las corralas que hoy se conservan datan de los siglos XVIII y XIX.

Se calcula que existen aún actualmente unas 286³ corralas en Madrid, de las cuales 86 se encuentran en el barrio de Lavapiés. Estos edificios



se formaron mediante la adición de un cuerpo del edificio hacia el interior de la parcela, el cual posee un corredor conectado a la circulación vertical existente. Las viviendas se distribuyen alrededor de este patio dividiéndose en exteriores e interiores, estas últimas llamadas 'cuartos'. En origen no contaban más que de un retrete por planta, situado al final del corredor. El patio largo y estrecho sigue al corredor y es el único espacio de iluminación – ventilación. Su conformación estética se caracteriza por barandillas con pilares y apoyos de madera.

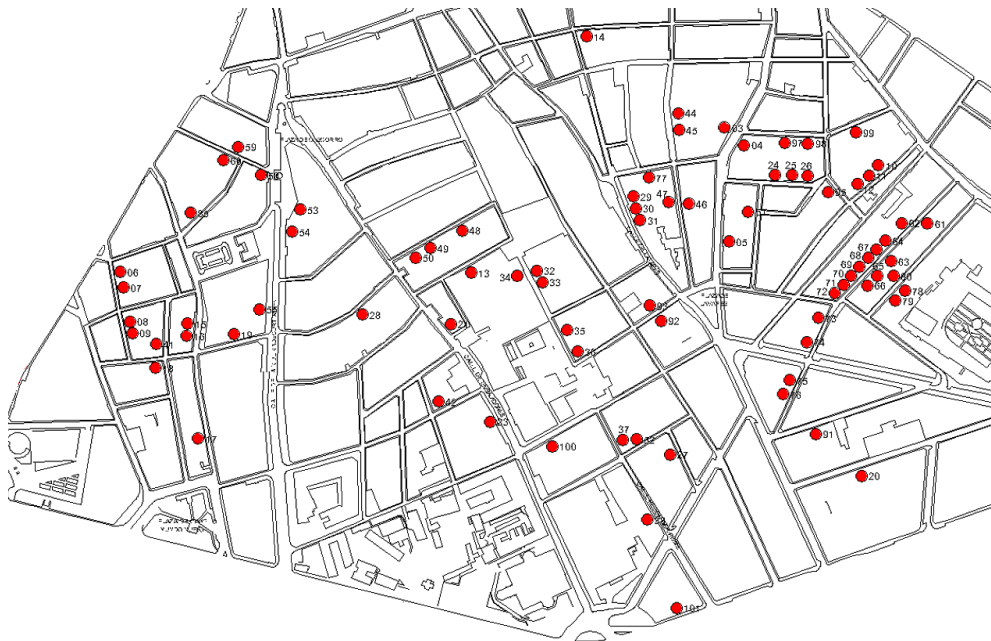


Figura 2.27 Casas de corredor en el barrio de Embajadores

³ Jaime Santa Cruz Astorqui, Tesis doctoral - Estudio tipológico, constructivo y estructural de las casas de corredor en Madrid

2.2.5. CALIDAD DE LA EDIFICACIÓN

Desde que en 1998 Lavapiés se declara **Área de Rehabilitación Integrada (ARI)**, se han rehabilitado unas 8000 viviendas con ayudas públicas y 7000 viviendas sin subvenciones. A pesar de la mejora y la transformación del barrio en los últimos 15 años, tan sólo se han eliminado 300 infraviviendas de las 8900 existentes inicialmente. Esto se debe a que las 15000 rehabilitaciones que se han acometido, sólo se han ocupado de la reparación de los edificios y no de la restructuración de los inmuebles, es decir de rehacer su distribución interior para hacer viviendas con exteriores y tamaños mínimos aceptables.

La definición de infravivienda según PGOUM es la de una vivienda muy pequeña, con menos de 25 metros cuadrados; interior, que no tiene ni huecos a la calle, ni luz natural ni ventilación; no tiene cuarto de aseo; y tiene una altura de menos de 2,5 metros.

Existen casi 8600⁴ infraviviendas en Lavapiés, casi un 30% del parque de viviendas, por lo que se podría decir que es la asignatura pendiente del barrio.

La dimensión media de la vivienda se sitúa en 59,27 m². Prácticamente el 50% del parque residencial de Lavapiés son viviendas de entre 30 y 60m². El tamaño más común de la vivienda es aquel que oscila entre los 30 y 45 m². Un 28% de las viviendas son de estas dimensiones. Las viviendas de entre 46 y 60 m² también tienen una representación estimable, al estar presentes en el barrio en un 21,9% de los casos. Las viviendas de tamaño medio y grande, que superan los 90 m², únicamente suponen el 12,5% del conjunto del parque residencial.

Prácticamente el 70% del parque de viviendas fue construido con anterioridad a 1920. El 45,4% de las viviendas fueron levantadas con anterioridad al siglo XX mientras que un 31,4% iniciaron y finalizaron su construcción en el periodo de tiempo comprendido desde 1921 hasta finales del siglo XX. Así la calidad de la edificación es en general mala, con edificios con más de un siglo de antigüedad y viviendas con muy malas condiciones de habitabilidad.

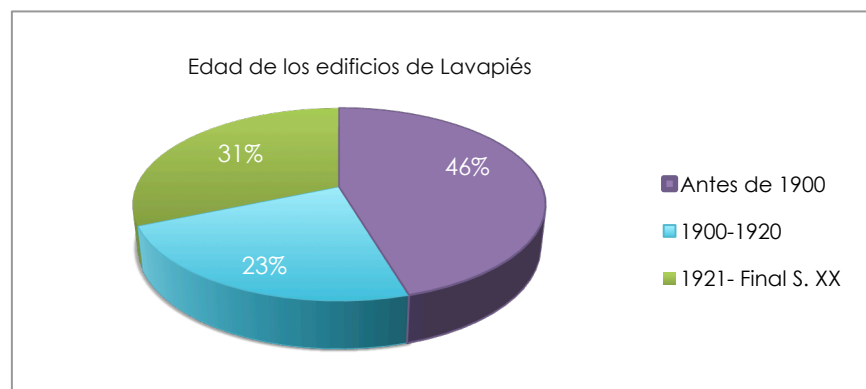


Figura 2.28 Porcentaje de viviendas en función del periodo de construcción

⁴ Vicente Pérez Quintana- Lavapiés. Intervención y rehabilitación 1998-2008

Cartografía acústica del barrio de Lavapiés

3. CARTOGRAFÍA ACÚSTICA

3.1. INTRODUCCIÓN

Uno de los objetivos de este proyecto es la evaluación de la afección del ruido urbano en el barrio de Lavapiés, mediante el análisis de la cartografía acústica más actualizada de Madrid, el [Mapa Estratégico de Ruido 2006](#).

Esta es la información administrativa más actualizada disponible para el ciudadano, no obstante la Directiva Europea 2002/49/CE y la Ley 37/2003 del ruido, recogen la necesidad de actualizar periódicamente los mapas estratégicos de ruido (MER), con el fin de plasmar la evolución de la contaminación acústica. El período de actualización no ha de ser superior a cinco años, y por tanto, ya se debería de disponer de una nueva edición del MER para el año 2011. Sin embargo esta información aún no ha sido aprobada y publicada.

La Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido en el artículo 25 establece, entre los instrumentos de corrección de la contaminación acústica, la declaración de [Zonas de Protección Acústica Especial \(ZPAE\)](#) de aquellas áreas en las que se **incumplan** los **objetivos de calidad acústica**. En las mismas se deben elaborar planes zonales específicos para la mejora acústica progresiva del medio ambiente, hasta alcanzar los objetivos de calidad en este ámbito.

Cabe destacar, que en Septiembre del 2012 se declara Zona de Protección Acústica Especial al Distrito Centro y por tanto al barrio de Lavapiés.

Se podría decir que el mayor problema de ruido en Lavapiés no es el causado por el tráfico rodado, que es el evaluado en el MER 2006, sino el originado por el ocio nocturno y las actividades comerciales, ya que en general el barrio es poco permeable al tráfico y éste además de restringido, es lento.

A pesar de que el barrio de Embajadores tiene un carácter residencial, son [numerosas las actividades comerciales e industriales](#) que se desarrollan en la zona. El hecho de que en un barrio residencial tan delicado desde el punto de vista social y arquitectónico, con calles pequeñas, haya centenares de comercios al por mayor puede suponer un problema respecto al ruido y a la limpieza.

Por otro lado destaca la presencia de un gran número de bares y pubs nocturnos, representando zonas de gran actividad durante los fines de semana. En los meses de verano, son frecuentes las terrazas exteriores. Los fines de semana abre "El Rastro" desde la plaza de Cascorro hasta la Ronda de Toledo, un mercado al aire libre con numerosos puestos y que provoca un movimiento de personas en su interior y vehículos en su periferia muy abundante.

En este capítulo se van a analizar los MER 2006 del barrio de Lavapiés, realizados con el sistema SADMAN, tratando de caracterizar los problemas de contaminación acústica originados por el tráfico rodado. Además se estudiará la influencia de otras fuentes de ruido en el barrio a partir del estudio del documento ' Plan Zonal Específico de la ZPAE del Distrito Centro'.

3.2. SISTEMA SADMAN

El MER 2006 se desarrolló por el Departamento de Control Acústico del Ayuntamiento de Madrid mediante el [Sistema de Actualización Dinámica del Mapa Acústico de Madrid \(SADMAM\)](#) y las redes de monitorado fija y móvil. Representa en exclusiva el ruido de tráfico rodado, sin ocuparse de otras fuentes. La campaña de medidas en el Distrito Centro se realizó durante los meses de Noviembre de 2004 a Febrero de 2005, con un [aforo temporal de cuatro meses](#). La cartografía está actualizada al año 2001 y la información de vialidad al año 2004.

El sistema de medida SADMAN consta de **5 vehículos instrumentados** que realizan medidas diarias de ruido. Están equipados con un [Sonómetro Integrador](#) de Bruel & Kjaer modelo **3597 (Tipo I)**, un [sistema](#) de transmisión de datos por [GSM](#) (Global System for Mobile), un GPS (Global Positioning System) y un [Micrófono para intemperie](#) modelo **4184** de Bruel & Kjaer.

El estado de los equipos se comprueba mediante tres pruebas antes y después de la realización de la medida: calibrador externo (Brüel & Kjaer 4231), fuente interna y calibración eléctrica mediante la técnica de inserción de carga (CIC).

Las localizaciones de medida se seleccionaron en función de la complejidad de la zona de estudio, de forma que se asegurara la representatividad de la medida. En cada posición se miden intervalos de [entre 2 a 5 horas](#) (durante el periodo diurno en la franja estadísticamente más estable), a [4 m de altura](#), para, en función de la evolución normalizada aplicable al punto, obtener los valores anuales correspondientes.

Los datos registrados por los vehículos del SADMAM, son transmitidos vía GSM a la central de datos situada en el Centro Municipal de Acústica. Una vez descargados, los valores medidos se analizan y procesan para obtener los valores correspondientes a cada periodo diario, L_d , L_e y L_n . En el análisis y procesado de los datos se emplean también los valores históricos registrados en las redes de monitorado fija y móvil (30 estaciones fijas y 16 estaciones portátiles).

Con la información sobre el terreno, los edificios, y los viales se generó el modelo digital de cálculo para posteriormente realizar los cálculos de propagación de los niveles de ruido. Se calcularon los

niveles de emisión de potencia de cada una de las fuentes para alcanzar los valores de ajuste medidos en campo.

Tras calcular la propagación empleando el método francés de previsión de ruido en carreteras recomendado por la directiva 2002/49/CE, modelo de cálculo **NMPB – Routes 96¹ / XPS 31-133²** incluido en el programa **Lima 7812 C**, se prepararon los datos para su posterior análisis y representación en un Sistema de Información Geográfica (SIG). La malla de cálculo empleada está formada por receptores distanciados entre sí 5 metros y a una altura de 4m del suelo.

3.3. ANÁLISIS DEL MER 2006

El Mapa Estratégico de Ruido 2006 muestra los **antecedentes** de la **cartografía acústica** del barrio de Embajadores. Hay que tener en cuenta que el barrio se declara APR (Área de Prioridad Residencial) en Julio de 2006, de manera posterior a la campaña de medidas del MER 2006, que se desarrollo en el último trimestre de 2004 y el primero de 2005. Entre 2006 y 2007 se disminuyó la media del tráfico en un 4,4% en el interior del primer cinturón, por lo qué en la actualidad habrá una reducción de la contaminación acústica como consecuencia, entre otras actuaciones, de la implantación del APR.

Los mapas de ruido representan los niveles de ruido en periodo diurno L_d , , vespertino L_e y nocturno L_n , y el índice de ruido día-tarde-noche L_{den} en dB(A) tal y como indica el Real Decreto 1513/2005 considerando las fuentes de ruido de tráfico rodado presentes en el en el barrio.

Los periodos evaluados corresponden al periodo diurno (de 7:00 a 19:00 horas), al periodo vespertino (de 19:00 a 23:00 horas) y al periodo nocturno (de 23:00 y 7:00 horas) expresados en decibelios ponderados conforme a la curva normalizada A.

Se presentan los mapas de ruido en los periodos indicados, mediante áreas de igual nivel sonoro a partir de los datos de intensidad media diaria (IMD), sobre los que podemos hacer las siguientes observaciones:

- Los niveles máximos de ruido se dan en las principales vías de tráfico que discurren a través de este barrio como son calle de Toledo, Ronda de Toledo, Ronda de Valencia y Ronda de Atocha, que a su vez, hacen de **límites del distrito Centro**. En estos viales se observan variaciones entre 70 - 75 dBA de nivel continuo equivalente en el periodo diurno.
- Se superan los 75 dBA de nivel de día en las **intersecciones** de Puerta de Toledo, Glorieta de Embajadores, Glorieta del Emperador Carlos y Plaza de Segovia Nueva, así como al final de la Ronda de Atocha y de la calle Magdalena.
- En la **red interior** del barrio predominan los niveles que oscilan entre los 65 – 75 dBA en el periodo diurno.
- En el periodo vespertino los índices de ruido son muy similares a los diurnos y en el periodo nocturno se observa una disminución en torno a 5dBA, tanto en las principales vías de tráfico como en las calles interiores del barrio.

¹ NMPB – Routes 96 – 'Método de cálculo de ruido de tráfico francés incluyendo efectos meteorológicos (Bruit des Infrastructures Routières : Methode de calcul incluant les effets météorologiques)'

² XPS 31-133 – 'Norma Francesa de cálculo de la atenuación del sonido durante la propagación al aire libre incluyendo efectos meteorológicos (Bruit des Infrastructures de transports terrestres : Calcul de l'atténuation du son lors de sa propagation en milieu extérieur, incluant les effets météorologiques)'

- Según la legislación estatal vigente de acuerdo con el artículo 15 y el Anexo II del Real Decreto 1367/2007, no se cumplen los objetivos de calidad acústica que se establecen en las [áreas urbanizadas existentes de uso residencial](#) para los diferentes periodos temporales de evaluación. Se toman los valores para uso residencial de L_d 65 dBA y L_n 55 dBA como referencia de objetivos de calidad acústica.
- Los niveles L_d y L_n en las fachadas de los edificios próximos a las vías de mayor volumen de tráfico superan en muchas zonas los valores día de 70 dBA y valores noche de 65 dBA, y en algunas zonas pequeñas estos niveles en fachada superan los 75 dBA en día y 70 dBA en noche.
- Del análisis de los resultados se obtienen las siguientes tablas, con los niveles de ruido en la fachada más expuesta de los edificios, de las vías más afectadas por la contaminación acústica, en periodo diurno y nocturno a 4 metros de altura.

Tabla 3.1. Índices de ruido – Vías más desfavorecidas - MER 2006

Índices de Ruido (dBA) – Límites del Barrio – MER 2006		
Nombre de la Vía	L _d	L _n
Plaza de Segovia Nueva	> 75	> 70
Calle de Toledo (Nº 103 - 123)	70 - 75	> 70
Puerta de Toledo	> 75	> 70
Ronda de Toledo, 1	> 75	> 70
Ronda de Toledo (Resto Nº)	70 - 75	> 70
Glorieta de Embajadores	> 75	> 70
Ronda de Valencia	70 - 75	65 - 70
Ronda de Atocha (Nº 1 - 15)	> 75	> 70
Ronda de Atocha (Resto Nº)	70 - 75	65 - 70
Glorieta Carlos V	> 75	> 70
Calle de Atocha	65 - 75	60 - 70
Calle Magdalena (Nº 17 -27)	> 75	> 70
Plaza de Jacinto Benavente	70 -75	65 - 70

Las zonas más afectadas por el ruido de tráfico rodado son las que se presentan en la tabla anterior, superando en algunos casos los 75 dBA durante el día y los 70 dBA en la noche, incumpliendo los objetivos de calidad acústica marcados por la legislación vigente.

Tabla 3.2. Índices de ruido – Red Interior - MER 2006

Índices de Ruido (dBA) – Red Interior – MER 2006		
Nombre de la Vía	L _d	L _n
Ribera de Curtidores	65 - 75	55 - 70
Embajadores	65 - 75	55 - 70
Mesón de Paredes	65 - 75	55 - > 70
Lavapiés	65 - 75	55 - 70
Ave María	65 - 75	55 - 70
Argumosa	65 - 75	55 - > 70
Santa Isabel	65 - 75	55 - 70

En la red interior los niveles L_d y L_n suelen tener un valor medio de día entre 65 - 70 dBA y de noche entre 60 - 65 dBA. En algunas zonas discretas del barrio estos niveles pueden llegar hasta los 75 dBA de día y los 70 dBA de noche. Aunque en la red interna los niveles de ruido de tráfico son inferiores, se siguen sin alcanzar los objetivos de calidad.

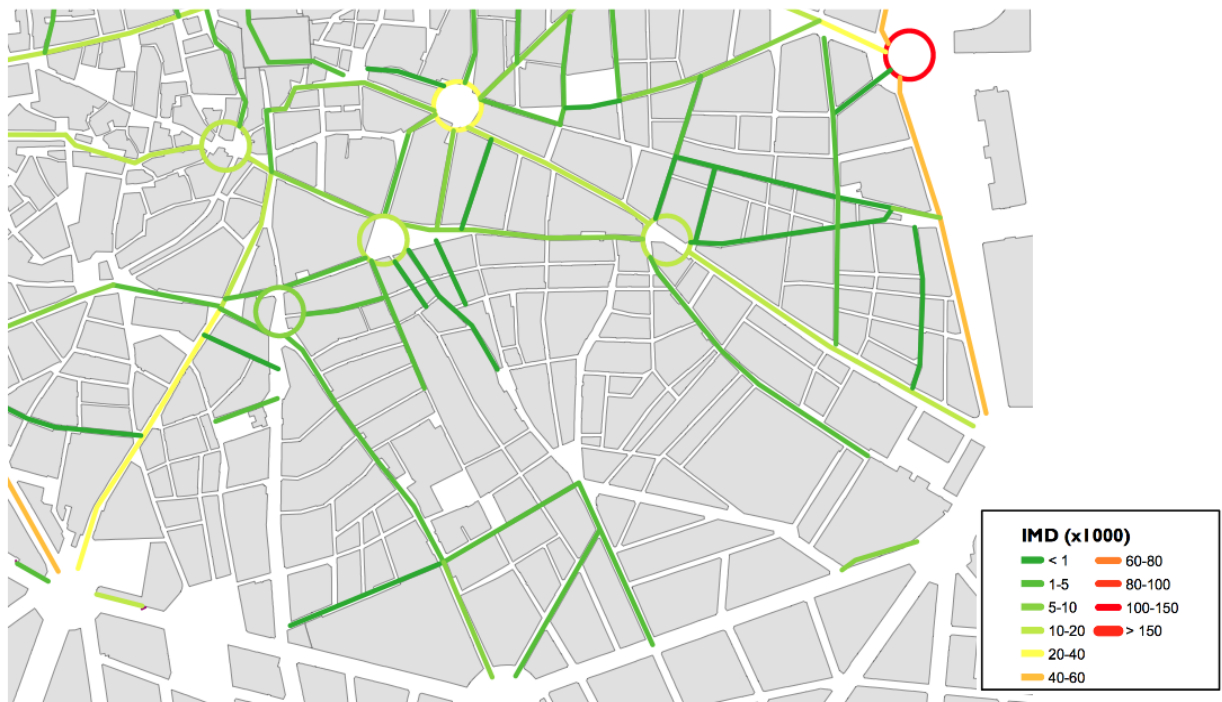


Figura 3.1 Datos de IMD en Embajadores – MER 2006

Se realizaron medidas en **39 puntos** del barrio de Lavapiés con criterios de representatividad midiendo intervalos de entre 2 a 5 horas y una altura de 4 m. (Véase Figura 3.2)

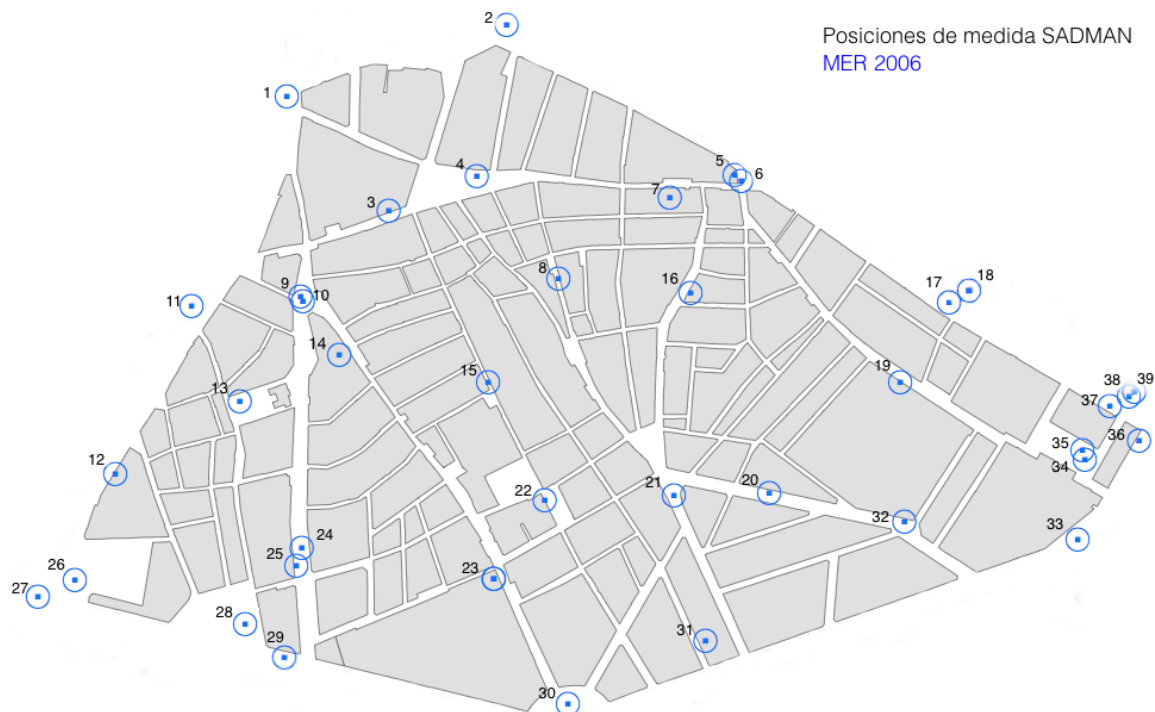


Figura 3.2 Puntos de medida en Lavapiés con el Sistema SADMAN – MER 2006

Tabla 3.3. Puntos de medida Sistema SADMAN – MER 2006

Puntos de Medida SADMAN - MER 2006 ³						
Punto	Nombre de la Vía	Coordenadas UTM			Precisión GPS	L _d (dBA)
		X	Y	Z		
1	Plaza de Segovia Nueva	440072	4474102	647.2	7	73.7
2	Plaza Jacinto Benavente	440403	4474210	664.8	5	71.3
3	Duque de Alba 5	440226	4473932	650.6	6	67.7
4	Plaza de Tirso de Molina con Dr. Cortezo	440358	4473983	702.4	11	70.2
5	Plaza de Antón Martín	440755	4473976	667.2	6	68.8
6	Plaza de Antón Martín	440745	4473985	685.8	13	69
7	Magdalena 23	440647	4473951	677.3	12	74
8	Lavapiés 14	440480	4473830	678.5	12	66.5
9	Plaza de Cascorro	440094	4473803	670	7	75.6
10	Plaza de Cascorro	440097	4473797	677.4	12	64.9
11	Plaza de la Cebada	439930	4473786	664.1	10	68
12	Toledo 90	439816	4473537	709.7	8	73.2
13	Plaza del Gral. Vara del Rey	440003	4473647	660.7	5	65.1
14	Calle de Embajadores 7	440152	4473716	742.7	12	70.3
15	Mesón de Paredes 44	440375	4473675	645.6	6	63.2
17	Atocha Esquina Fucar	441066	4473795	645.9	10	70.7
18	Atocha Esquina Fucar	441097	4473813	679.4	15	70.7
19	Santa Isabel, 45	440993	4473675	638.2	9	68.1
20	Argumosa 14	440796	4473509	627.1	18	65.4
21	Plaza de Lavapiés	440654	4473505	662.9	5	67.1
22	Plaza de la Corrala	440460	4473497	626.4	9	63.7

³ No se ha encontrado información disponible en los documentos analizados, sobre los puntos que no aparecen en la tabla.

23	Embajadores esquina Casino	440383	4473381	615.5	8	66.1
25	Ribera de Curtidores 18	440096	4473427	667.4	6	66.1
27	Gta. Puerta Toledo	439755	4473378	637.3	4	70.4
28	Ronda de Toledo 5	440070	4473262	640.4	9	76.5
29	Ronda de Toledo 13	439201	4473948	613.5	16	72.4
30	Gta. Embajadores	440495	4473192	616.1	4	74.2
31	Ronda de Valencia	440753	4473212	651.3	13	76.2
32	Argumosa esquina Doctor Fourquet	440999	4473466	649.4	6	71.6
33	Ronda de Atocha	441259	4473438	623.1	7	74.6
34	Sánchez Bustillo esquina Doctor Brumen	441266	4473573	632	10	62.1
35	Calle Dr. Drumen esquina Sánchez Bustillo	441270	4473559	635.5	6	61.8
36	Gta. Carlos V	441344	4473661	657.4	14	75.4

3.4. ZONA DE PROTECCIÓN ACÚSTICA ESPECIAL DEL DISTRITO CENTRO




Tras elaborar el Mapa Estratégico de Ruido de Madrid 2006, que permite cartografiar el ruido de tráfico, la principal fuente de ruido de la ciudad, el Ayuntamiento de Madrid decide declarar [Zona de Protección Acústica Especial](#) (ZPAE)⁴ al Distrito Centro en septiembre del año 2012.

Para la elaboración de la ZPAE se han tenido en cuenta los datos obtenidos para el tráfico rodado por el MER 2006 y se han realizado dos campañas de mediciones en el distrito, que han servido para elaborar la [cartografía de ocio nocturno](#) del mismo. De los resultados de las medidas realizadas se ha podido comprobar que los niveles registrados en periodo nocturno, no cumplen con los objetivos de calidad, llegando a superarlos en algunas zonas en más de 10dBA.

Para valorar el entorno acústico se realizaron varias campañas de medidas durante los años 2009, 2010 y 2011, en distintas zonas del Distrito Centro con niveles de contaminación acústica alta. En el barrio de Lavapiés no se realizó un estudio específico, sin embargo se tomaron medidas en las calles Argumosa y Salitre en el 2011.

⁴ La Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido en el **artículo 25** establece, entre los instrumentos de corrección de la contaminación acústica, la declaración de Zonas de Protección Acústica Especial (ZPAE) de aquellas áreas en las que se incumplan los objetivos de calidad acústica. En las mismas se deben elaborar planes zonales específicos para la mejora acústica progresiva del medio ambiente, hasta alcanzar los objetivos de calidad en este ámbito.

Dentro de la Zona de Protección Acústica Especial, en función de los niveles de contaminación acústica existentes, se establecen tres zonas con características y medidas correctoras diferentes para la recuperación acústica de las mismas :

-  Zona de contaminación acústica baja : aquellas zonas que presentan una superación de los objetivos de calidad⁵ en el índice L_n menor de 5dBA.
-  Zona de contaminación acústica moderada : aquellas zonas que presentan una superación de los objetivos de calidad en el índice L_n , iguales o superiores a 5dBA, e inferiores a 10dBA.
-  Zona de contaminación acústica alta: aquellas zonas que presentan una superación de los objetivos de calidad en el índice L_n , igual o superior a 10dBA.

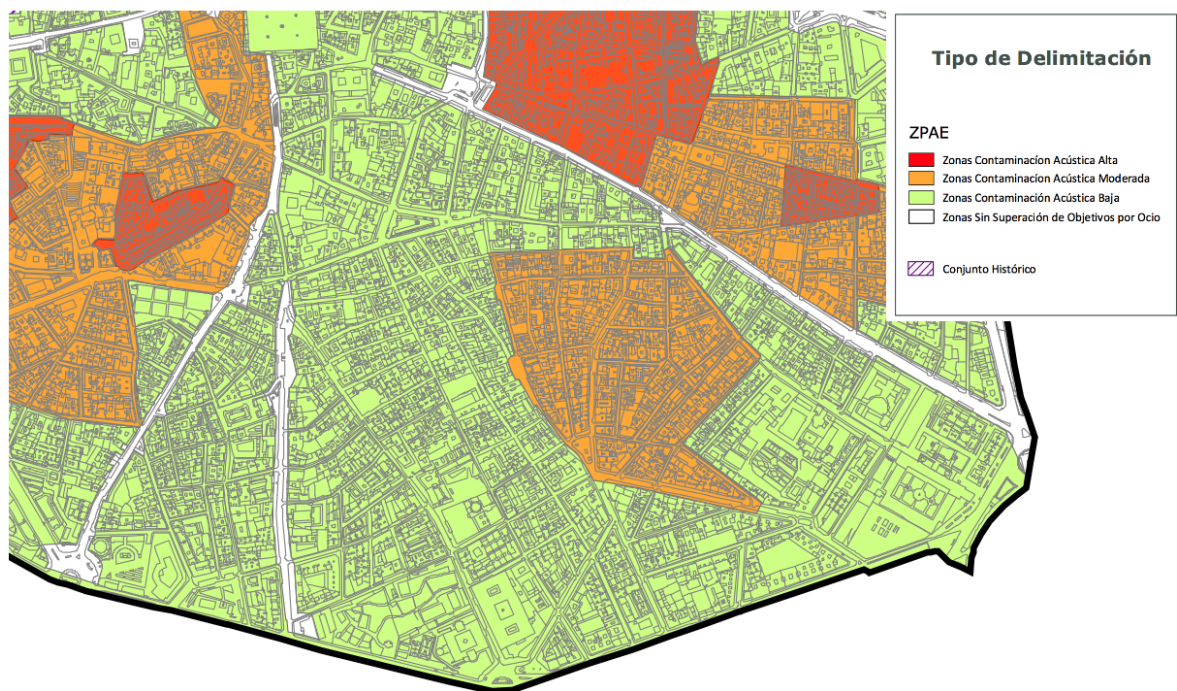


Figura 3.3 Delimitación de la ZPAE en el barrio de Embajadores

La mayoría de las zonas del barrio de Embajadores presentan niveles de contaminación acústica baja, salvo la zona delimitada por las calles de Lavapiés, Cabeza, Sta. Isabel, Salitre, Dr. Piga y Argumosa, en las que se concentra un mayor número de locales de ocio, especialmente bares de copas y supone un mayor impacto acústico producido por estas actividades.

⁵ Tabla A Anexo II del Real Decreto 1367/2007. Objetivos de calidad acústica para ruido aplicables a áreas urbanizadas existentes. a. Sectores del territorio con predominio de suelo de uso residencial. Objetivo de calidad: L_n de 55dBA

Caracterización sociológica del ruido

4. CARACTERIZACIÓN SOCIOLOGICA DEL RUIDO

4.1. INTRODUCCIÓN

Porque el ruido tiene una importante **componente subjetiva**, parece interesante conocer la opinión del ciudadano de Lavapiés, para mejorar las medidas preventivas y correctoras de la lucha contra el ruido, y acercar la acústica a los vecinos del barrio.

¿Cuál es la prioridad del ruido respecto a otros aspectos residenciales? ¿Cuál es la sensibilidad, adaptación y creencias acerca del ruido de los ciudadanos? ¿Cuáles son las fuentes de ruido más molestas? ¿Cómo afecta el ruido a su vida diaria? ¿Qué soluciones proponen los ciudadanos para minimizar el problema de ruido que afecta en su barrio?

El análisis de la calidad acústica de las viviendas se centra fundamentalmente en los aspectos acústicos y arquitectónicos, dejando en un segundo plano la dimensión psicosocial del usuario. ¿Sería posible evaluar la dimensión subjetiva de la calidad acústica de las viviendas? ¿Son compatibles las verificaciones 'in situ' con la dimensión subjetiva de la calidad acústica de viviendas?

En este capítulo, a través de un estudio de Calidad Acústica, se intentará responder a estas y otras cuestiones, indagar sobre la calidad acústica subjetiva de las viviendas del barrio y descubrir el nivel de conciencia sonora que tienen sus vecinos.

4.2. METODOLOGÍA

Para caracterizar el ruido en el barrio se ha elaborado una encuesta con doce preguntas variadas, de las cuales se pretende extraer datos subjetivos y objetivos de cómo perciben y cómo afecta el ruido en la vida diaria de los vecinos del barrio.

¿Y qué opinan los vecinos? Ruido urbano

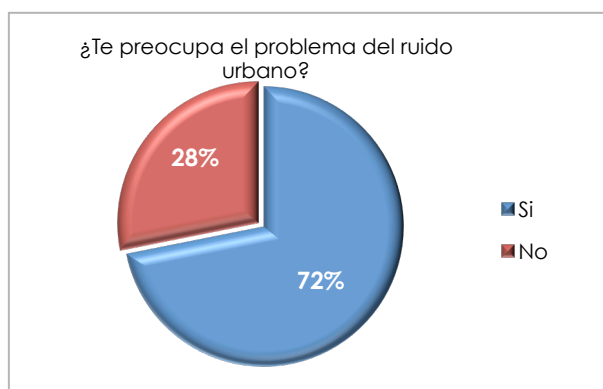
- ¿Te preocupa el problema del ruido urbano?
 - ☐ Si
 - ☐ No
- ¿Consideras ruidoso tu barrio?
 - ☐ Si
 - ☐ No
- ¿Teñes copias de adaptación al ruido?
 - ☐ Si
 - ☐ No
 - ☐ Indefinido
- ¿Qué sensibilidad al ruido creen que tienen?
 - ☐ Alto
 - ☐ Medio
 - ☐ Bajo
- ¿Qué ruidos te resultan más molestos?
 - ☐ Del exterior
 - ☐ De los vecinos
 - ☐ De las instalaciones del edificio
- ¿Y del exterior que te molesta más? Ome cómo de molestos consideras estos ruidos:

	Poca molesto	Molesto	Muy molesto
Tráfico rodado (Motociclos y coches)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bacinas y sirenas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Recogida de basuras	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Obras	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Gente en el barrio	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bares, discotecas, terrazas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tendas y mercados	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- ¿Qué ruido de los provocados por tus vecinos te molesta más?
 - ☐ Pasos
 - ☐ Radio y TV
 - ☐ Conversaciones en voz alta
 - ☐ Trabajos de bricolaje
- En tu casa, ¿cuál es la actividad que se ve más afectada por el ruido?
 - ☐ Inicio del sueño
 - ☐ Desarrollo del sueño
 - ☐ Leer, estudiar
 - ☐ Conversación
 - ☐ Ver la tele
 - ☐ Escuchar música
 - ☐ Trabaja en casa
 - ☐ Ninguna
- ¿Qué haces para protegerte del ruido?
 - ☐ Nada
 - ☐ Cerrar la ventana
 - ☐ Cambiar de habitación
 - ☐ Usar dobles cristales
 - ☐ Usar dobles ventanas
 - ☐ Aislar la vivienda
 - ☐ Otras:
- ¿A qué hora percibes mayor cantidad de ruido?
 - ☐ De 8:00 a 14:00h
 - ☐ De 14:00 a 22:00h
 - ☐ De 22:00 a 8:00h
- ¿Crees que tu vivienda está bien aislada acústicamente?
 - ☐ Si
 - ☐ No
- ¿Cuál sería tu propuesta para mejorar los problemas de ruido en el barrio?

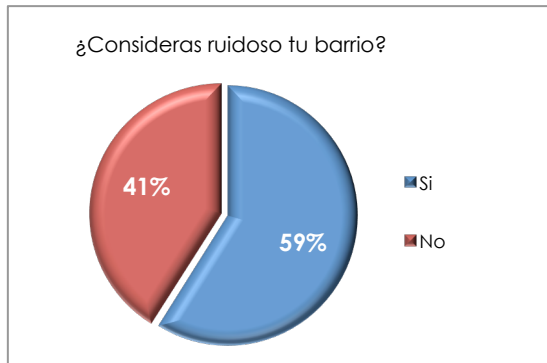
Esta encuesta se ha realizado a pie de calle, preguntando únicamente a residentes en el barrio, para garantizar resultados representativos. En total se han realizado 80 encuestas.

4.3. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

En este punto se van a presentar los resultados de las encuestas mediante gráficas para cada una de las preguntas, de este modo y de una manera muy visual se podrán analizar los diferentes resultados para posteriormente sacar las conclusiones globales sobre el ruido en el barrio.

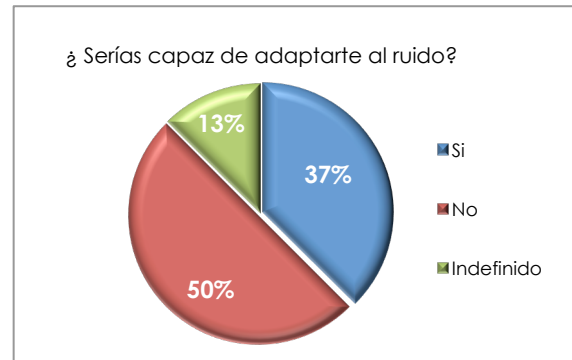


De esta pregunta se puede extraer que el ruido urbano es un problema que la población no pasa por alto y así lo reflejan un 72% de los encuestados, frente a un 28% a los que no les preocupa este fenómeno.



Un 59% de los encuestados consideran que Lavapiés es un barrio ruidoso y un 41% no perciben este problema.

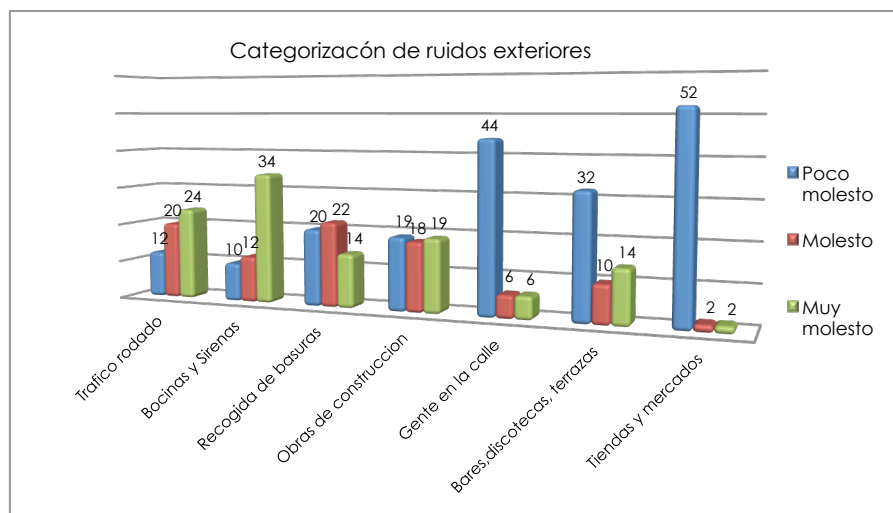
Después de analizar las preguntas anteriores comprobando que a la mayoría de los vecinos reconocen el ruido como un problema, en esta grafica podemos ver que a la hora de convivir con el ruido y adaptarse a él un 50% que no se adaptaría y el otro cincuenta queda dividido entre el 37% que se adaptaría y el 13% que está indefinido.



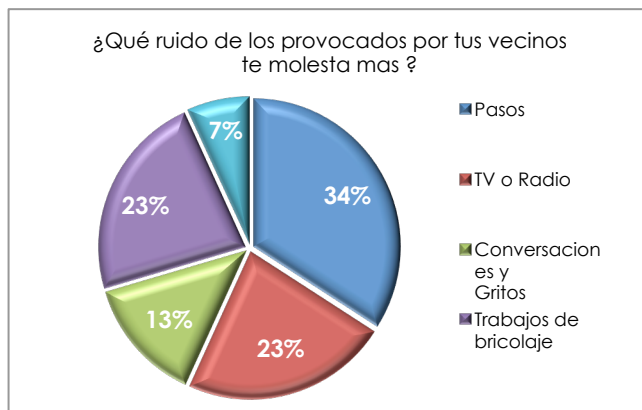
A la hora de elegir la procedencia del ruido queda claro que los más molestos son los del exterior con uno 66%, seguidos por los interiores generados por los vecinos y por ultimo con un 27% dejando en último lugar los ruidos de las instalaciones del edificio con un 7%.



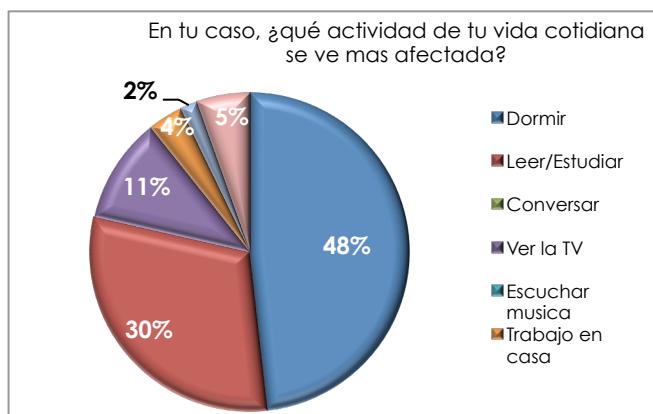
De los ruidos exteriores los que más molestan son los generados por las bocinas y sirenas, por el contrario los que menos molestan son creados por los de los comercios.



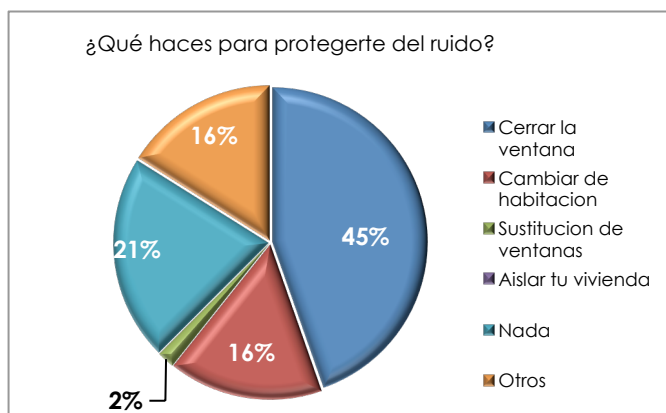
Dentro de las viviendas y atendiendo al ruido que generan los vecinos, se ha comprobado que el ruido más molesto con un 34% es el de los pasos y tacones. Con un 23% el ruido de la TV e igualado con otro 23% los trabajos de bricolaje quedan en un segundo lugar. Por último las conversaciones y gritos con el 13%.

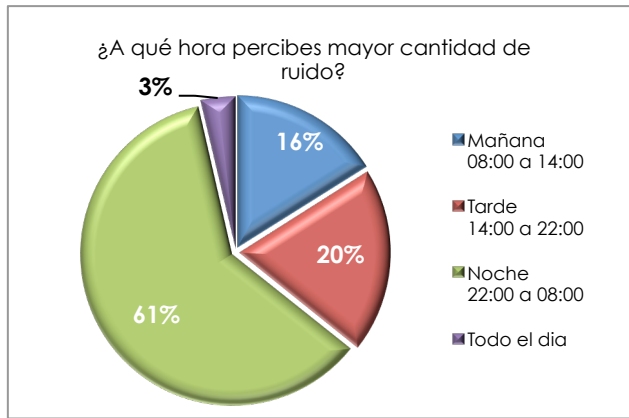


Hay acciones de la vida cotidiana que se pueden ver gravemente afectadas por el ruido. Según el sondeo realizado en Lavapiés la hora de dormir es la más afectada con un 48% seguida de leer/estudiar con un 30% y ver la TV con un 11%.

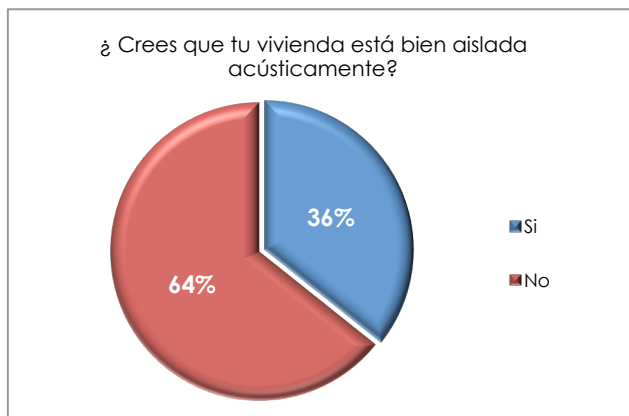


Una vez que el ruido se mete en los hogares hay que tomar medidas, los vecinos que tratan de protegerse cerrando la ventana son un 45%. Un 16% optan por ponerse tapones, llamar la atención al causante o llamar a la policía (otros), otro 16% decide cambiar de habitación y un sorprendente 21% no hacen nada.





A lo largo del día la percepción de los ruidos varía. Con esta pregunta se ha clasificado a qué horas es más ruidoso el barrio, concluyendo que con un 61% la noche es el periodo de más ruido, seguido por la tarde con el 20% y por último la mañana donde menos ruido perciben los vecinos con un 16%.



En general las viviendas del barrio de Lavapiés no están correctamente acondicionadas frente al ruido, un 64% de los vecinos opina de esta manera frente a un 36% que dice que su vivienda sí está bien acondicionada.

4.4. CONCLUSIONES

En el proceso de toma de conciencia sobre los conflictos ambientales de las ciudades modernas, la contaminación acústica ha sido uno de los últimos problemas en emerger. Efectivamente ha tomado protagonismo real hace sólo pocas décadas a medida que la población se ha hecho más consciente de los perjuicios que ocasiona el ruido en la salud física y mental.

Actualmente y según se ha demostrado con esta encuesta, la población del Lavapiés está bastante concienciada frente al problema global del ruido urbano (72%). A la hora de catalogar el barrio, los habitantes no lo consideran excesivamente ruidoso y solo un 59% de los vecinos refleja su descontento con los ruidos urbanos.

Lavapiés es un barrio poco permeable al tráfico, con calles angostas y pocas plazas que puedan albergar reuniones de gente. Estas características hacen que en las zonas de interior se tengan niveles bajos de ruido y por el contrario en los límites del barrio, viarios principales y plazas como la de Agustín Lara o Lavapiés, las viviendas están expuestas a niveles que superan fácilmente los límites permitidos.

Centrándonos en la procedencia de los ruidos, queda bastante claro que los más molestos son los generados en el exterior, apoyando esta afirmación un 66% de los encuestados. Dentro de los ruidos exteriores los más molestos son producidos por bocinas y sirenas seguidos por el tráfico rodado y las obras de construcción.

Un 27% de los encuestados eligieron como más molestos los ruidos generados en el interior de las viviendas, y dentro de estos ruidos creados por los propios vecinos los que más molestan con un 34% son los pasos.

Para protegerse frente al ruido hay diferentes medidas para adoptar y la que más utilizan los vecinos es la de las más sencillas, cerrar la ventana con un 45% y solo un 2% de los encuestados eligió la opción de sustitución de ventanas.

La percepción del ruido suele variar con los momentos del día, no se realizan las mismas actividades durante la mañana, tarde o noche. Como era de esperar de un barrio donde hay una gran actividad de restauración y pubs el momento del día donde los vecinos perciben más ruido es la noche con un 61%.

Por último, al final de la encuesta se les pregunto a los vecinos que dieran una propuesta para mejorar la calidad acústica del barrio, las respuestas fueron muy variopintas y a continuación se nombran algunas de las más interesantes:

- Control de niveles en bares
- Normas cívicas para las comunidades
- Cambio del horario de recogida de basuras
- Cumplimiento del Código Técnico

Finalmente, se pretende que, con la realización de esta Encuesta de Calidad Acústica entre los vecinos y vecinas de Lavapiés, se consiga una mayor conciencia de la importancia del ruido y una mayor participación en la búsqueda de soluciones como algo que nos concierne a todos. El debate queda abierto.

'Cuando una sociedad no critica o censura un sonido fuerte, o un grupo de sonidos fuertes, tenemos el caso de lo que yo llamo ruido sagrado. Sin embargo, el medio ambiente es patrimonio de todos y su deterioro nos afecta también a todos' (Susana Espinosa)

DB HR: Aislamiento acústico

5. DB HR: AISLAMIENTO ACÚSTICO

5.1. INTRODUCCIÓN

Se entiende por **aislamiento acústico** de un material o de una solución constructiva el conjunto de propiedades del mismo que permiten reducir o evitar la transmisión de ruidos (tanto aéreos como estructurales) de un recinto a otro o desde el exterior hacia el interior de un recinto. Cuando se habla de aislamiento siempre se consideran dos recintos diferentes, es decir, el sonido se genera en un recinto, se transmite y es percibido en otro recinto distinto.

El Documento Básico de protección frente al ruido DB HR, es de obligado cumplimiento desde el día 24 de Abril de 2009. Especifica parámetros objetivos y sistemas de verificación que aseguren las exigencias básicas y superación de los niveles mínimos de calidad acústica en edificios de nueva construcción, rehabilitaciones integrales o cambios de uso sin obras.

Para satisfacer las exigencias básicas contempladas en el Artículo 14 del CTE, el DB- HR propone una serie de condiciones referentes al aislamiento acústico. El **aislamiento acústico exigido** en el DB HR es el aislamiento final en la edificación o **aislamiento acústico in situ**.

En la fase de diseño se estimará el aislamiento acústico en la edificación 'in situ', mediante la opción general del DB-HR (Apartado 3.1.3), que consiste en un método de cálculo basado en el modelo simplificado de la norma UNE EN 12354¹. Posteriormente en la fase de ejecución se deberán medir estas magnitudes en el edificio terminado mediante un ensayo de aislamiento acústico normalizado² y el valor de esta medición será directamente comparable con el de la exigencia.

¹ UNE EN 12354, Estimación de las características acústicas de las edificaciones a partir de las características de sus elementos.

² Norma UNE EN 140-4, para medición in situ de aislamiento acústico entre locales

Norma UNE EN 140-5, para la medición in situ de aislamiento acústico de elementos de fachada y de fachadas.

Norma UNE EN 140-7, para la medición in situ de aislamiento acústico a ruido de impactos.

El DB HR distingue distintos tipos de aislamiento acústico, en función de la procedencia del ruido que afecta a los recintos del edificio:

- Ruido interior: Ruido aéreo y ruido de impactos (Entre recintos del edificio).
- Ruido procedente del exterior (Fachadas).
- Ruido procedente de edificios colindantes (Medianeras).

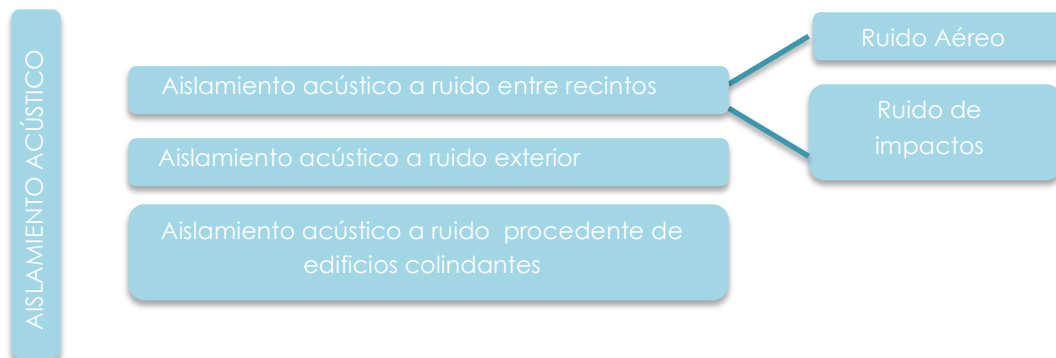
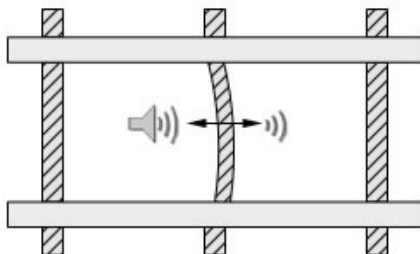


Figura 5.1 Clases de aislamiento acústico, según la procedencia del ruido.

Las fuentes de ruido en edificación son muy diversas, pero fundamentalmente se pueden clasificar en ruido aéreo y ruido de impactos.

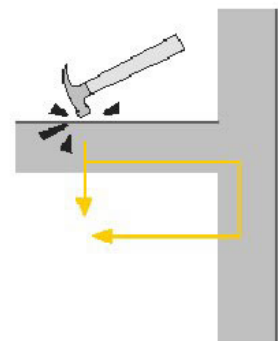
- Ruido aéreo



Una fuente de ruido aéreo (ruido de la televisión, de la radio, una conversación) en edificación emite ondas sonoras que inciden sobre los sistemas constructivos separadores entre recintos. Cuando dicha onda sonora incide sobre el elemento constructivo, éste responde a la excitación entrando en vibración y convirtiéndose en un nuevo foco sonoro, que transmite el ruido al recinto colindante.

- Ruido de impactos

Una fuente de ruido de impactos sobre el forjado de un recinto excita a éste mecánicamente; el forjado, o receptor del impacto, se convierte en un generador de ruido aéreo y estructural, originando una serie de vibraciones que se propagan por el forjado a los elementos constructivos conectados a éste, como pilares y tabiques, que son excitados y a su vez se convierten en fuentes de ruido aéreo. Habida cuenta que la velocidad de transmisión del ruido en los sólidos es más rápida que en el aire, el ruido de impacto se transmite a gran distancia con muy escaso amortiguamiento.



5.2. PRINCIPIOS DE LA TRANSMISIÓN DE RUIDO ENTRE DOS RECINTOS

La transmisión de ruido entre dos recintos (emisor y receptor), se produce por dos vías (figura 5.2):

1. **Vía directa**, a través del elemento de separación. Dd. Esta transmisión depende básicamente del tipo de elemento constructivo. La transmisión aérea directa incluye la transmisión E, a través de rejillas, aireadores o dispositivos de menos de un metro cuadrado de superficie que atraviesen en el elemento de separación vertical.
2. **Vía indirecta**. Se distinguen dos tipos de transmisiones indirectas:
 - a) **Aérea indirecta**, si la energía acústica se transmite de un recinto a otro a través de conductos de instalaciones tales como conductos tipo shunt, de aire acondicionado, falsos techos, suelos técnicos o puertas, S.
 - b) **Estructural indirecta o por flancos**, producida por las vibraciones de los elementos de flanco conectados al elemento de separación entre recintos. El campo acústico produce en los elementos constructivos una serie de vibraciones que no quedan confinadas en el elemento constructivo, sino que se disipan en parte en forma de calor, y en parte se transmiten a los elementos constructivos adyacentes. Ya sea desde el elemento de separación a un elemento de flanco (Df), desde un elemento de flanco al elemento de separación (Fd) o a través de los flancos. (Ff). Las transmisiones indirectas dependen del tipo de elementos constructivos de flanco y de sus formas de unión entre sí.

En las cámaras de medida de los laboratorios de acústica, el sonido se transmite mayormente a través del elemento de separación, ya que las transmisiones indirectas son despreciables. Sin embargo en la edificación, las transmisiones indirectas, vía aérea o por flancos no son despreciables.

Por lo que para un mismo elemento constructivo, el aislamiento obtenido in situ, siempre es menor que el aislamiento teórico o de laboratorio.

Además de las transmisiones indirectas, existen otros motivos por los cuales el aislamiento acústico proporcionado por un elemento constructivo en la edificación es menor que el proporcionado por el mismo elemento en laboratorio, que son:

1. Defectos en la ejecución: como por ejemplo la presencia de rozas sin retacar en los elementos de fábrica, la falta de estanquidad en la puesta en obra de las carpinterías, discontinuidades del material aislante a ruido de impactos, etc.
2. La existencia de puentes acústicos: como por ejemplo, los debidos a encuentros mal diseñados o ejecutados incorrectamente, o a conductos de instalaciones que no se han tratado convenientemente.

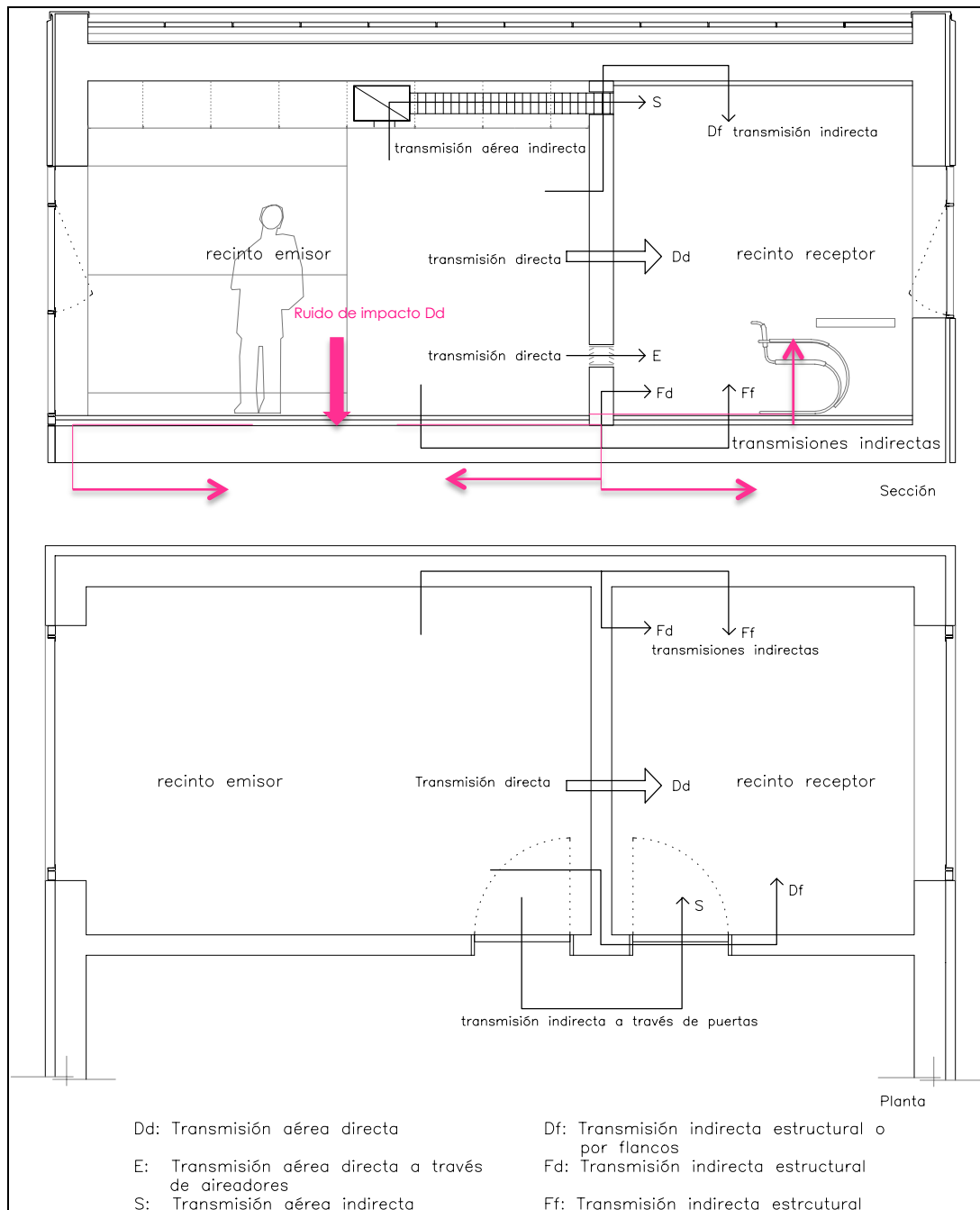


Figura 5.2 Definición de los caminos de transmisión del sonido entre dos recintos. Ruido aéreo y ruido de impactos

El sonido no se propaga exclusivamente a través del elemento separador sino que existen otras vías de transmisión indirectas que tienen gran influencia en el aislamiento final in situ de un elemento constructivo.

5.3. DIFERENCIA DE NIVELES IN SITU Y LABORATORIO

El **aislamiento acústico a ruido aéreo** está definido en el DB HR como la diferencia de niveles estandarizada ponderada A, $D_{nT,A}$, que es un índice que evalúa el aislamiento a ruido aéreo entre recintos y no únicamente el aislamiento de los elementos constructivos que se interponen entre ellos. Lo mismo sucede con el **aislamiento a ruido de impactos**, que está definido como el nivel global de presión de ruido de impactos estandarizado, $L'_{nT,w}$, que también evalúa el nivel de presión de ruido de impactos entre recintos y no únicamente el del forjado.

El aislamiento exigido en la norma básica NBE CA 88 correspondía con el valor obtenido en laboratorio de los elementos constructivos; para ruido aéreo se trataba del índice de reducción acústica ponderado A, R_A , y para ruido de impactos del nivel de presión de ruido de impactos de laboratorio, L_n . (Véase tabla 3)

Tabla 5.1. Resumen de índices de aislamiento utilizados en el DB HR

Índices de aislamiento acústico		
	En el edificio	De elementos constructivos
Ruido aéreo entre recintos	$D_{nT,A}$ (dBA)	R_A (dBA)
Ruido de impactos	$L'_{nT,w}$ (dB)	$L_{n,w}$ (dB)
Ruido aéreo entre un recinto y el exterior	$D_{2m,nT,A,tr}$ (dBA)	$R_{A,tr}$ (dBA)
	Valores obtenidos in situ	Valores de laboratorio

Para cualquier elemento constructivo, su aislamiento acústico final en obra (al que hace referencia el DB HR), difiere del valor obtenido en laboratorio (al que hacía referencia la NBE CA 88). Esto se debe a que en obra, la transmisión de ruido entre dos recintos (o desde el exterior) se produce por la vía directa y la indirecta.

Como se ha comentado anteriormente, para un mismo elemento constructivo, el aislamiento obtenido in situ, siempre es menor que el aislamiento teórico o de laboratorio. Para conseguir un determinado valor de aislamiento acústico entre recintos ($D_{nT,A}$, $L'_{nT,w}$, $D_{2m,nT,A,tr}$) no es suficiente que los elementos de separación entre los mismos tengan un valor de aislamiento acústico en laboratorio (R_A , L_n o $R_{A,tr}$) igual a dicho valor, sino que tiene que ser necesariamente superior. La diferencia, derivada de la transmisión por flancos, viene condicionada por las características constructivas y geométricas de los elementos de separación, el tipo de conexión entre los mismos y las características geométricas del recinto. Dicha diferencia puede variar sensiblemente en función de los tipos constructivos, pero de modo orientativo, puede decirse que en edificación convencional es generalmente superior a 5dBA.

Por ello, la falta de correlación entre los valores de aislamiento acústico medidos in situ y los valores de aislamiento previstos en la norma básica NBE CA 888, está justificada, dado que se están comparando valores que no representan lo mismo.

También debe destacarse, que el aislamiento acústico entre recintos depende del conjunto, y no sólo del elemento de separación entre ambos, por lo que en algunas ocasiones, cuando existan flancos de menor aislamiento, la mejora del elemento de separación puede no suponer una mejora sensible del aislamiento, si no se elimina o mejora la vía de transmisión indirecta que está penalizando el aislamiento acústico.

5.4. INDICES DE AISLAMIENTO ACÚSTICO

El aislamiento acústico se puede determinar y expresar mediante una serie de índices. A continuación se muestran los principales índices empleados en aislamiento a ruido aéreo en acústica de la edificación.

5.4.1. AISLAMIENTO ACÚSTICO A RUIDO AÉREO ENTRE RECINTOS

Aislamiento acústico bruto o Diferencia de niveles entre recintos, D :

Es la diferencia, en dB, existente entre el nivel medio de presión sonora que existe en el recinto emisor (L_1) y el del recinto receptor (L_2). Es función de la frecuencia:

$$D = L_1 - L_2 \text{ [dB]}$$

Aislamiento acústico normalizado o Índice de reducción acústica, R^3 :

Es el aislamiento acústico, en dB, de un elemento constructivo medido en laboratorio. Es función de la frecuencia:

$$R = L_1 - L_2 + 10 \cdot \log \frac{S}{A} \text{ [dB]}$$

Como vemos la definición de este índice se basa en el aislamiento bruto, al que se le añade una corrección mediante el área de la muestra (S) y el área de absorción equivalente del recinto receptor (A).

- L_1 nivel medio de presión sonora en el recinto emisor, [dB];
- L_2 nivel medio de presión sonora en el recinto receptor, [dB];
- S área del elemento constructivo, [m²];
- A área de absorción acústica equivalente del recinto receptor, [m²].

Índice de reducción acústica aparente, R'^4 :

Es el aislamiento acústico, en dB, de un elemento constructivo medido in situ. Es función de la frecuencia:

$$R' = L_1 - L_2 + 10 \cdot \log \frac{S}{A} \text{ [dB]}$$

Diferencia de niveles estandarizada entre dos recintos interiores, D_{nT} :

Diferencia entre los niveles medios de presión sonora producidos en dos recintos por una o varias fuentes de ruido emitiendo en uno de ellos, normalizada al valor 0,5 s del tiempo de reverberación. Es función de la frecuencia:

$$D_{nT} = L_1 - L_2 + 10 \cdot \log \frac{T}{T_0} \text{ [dB]}$$

³ Norma UNE EN 140-3, para medición en laboratorio de aislamiento acústico de los elementos de construcción.

⁴ Norma UNE EN 140-4, para medición in situ de aislamiento acústico entre locales.

T	tiempo de reverberación del recinto receptor, [s]
T₀	tiempo de reverberación de referencia, de valor 0,5 segundos, [s]

Relación entre las magnitudes D_{nT} y R':

A partir de una magnitud se puede obtener la otra. En el DB-HR se emplea la magnitud D_{nT}.

$$D_{nT} = R' + 10 \cdot \log \frac{0,16 V}{T_0 \cdot S} = R' + 10 \cdot \log \frac{0,32 V}{S} \quad [\text{dB}]$$

V	volumen del recinto receptor, [m ³]
----------	---

5.4.2. AISLAMIENTO ACÚSTICO A RUIDO AÉREO DE FACHADAS

El índice utilizado para expresar el aislamiento acústico entre un recinto y el exterior es el siguiente:

Diferencia de niveles estandarizada en fachadas, en cubiertas y en suelos en contacto con el aire exterior, D_{2m,nT}:

Aislamiento acústico a ruido aéreo, en dB, cuando la medida del nivel de ruido exterior, L_{1,2m}, se realiza a dos metros de la fachada. Es función de la frecuencia:

$$D_{2m,nT} = L_{1,2m} - L_2 + 10 \cdot \log \frac{T}{T_0} \quad [\text{dB}]$$

L_{1,2m}	nivel medio de presión sonora en el exterior a 2m de la fachada, [dB];
L₂	nivel medio de presión sonora en el recinto receptor, [dB];
T	tiempo de reverberación del recinto receptor, [s]
T₀	tiempo de reverberación de referencia, de valor 0,5 segundos, [s]

Aislamiento mixto

A la hora de estimar el aislamiento de una fachada tenemos que considerar a ésta no como un elemento homogéneo sino mixto. Existen tres componentes que dificultan esta estimación: la parte ciega, la carpintería y el acristalamiento.

Un elemento constructivo mixto es aquel formado por dos o más partes de cuantías de aislamiento diferentes, hasta cubrir el total de la superficie. Es el caso de fachadas con ventanas, puertas, cristaleras, etc., el de cubiertas con claraboyas o el de paredes interiores con puertas.

El aislamiento acústico de estos elementos mixtos se calcula de la siguiente manera:

$$R_{m,A} = -10 \cdot \log \left[\sum_{j=1}^n \frac{S_j}{S} 10^{(-R_{i,A})/10} \right] \quad [\text{dBA}]$$

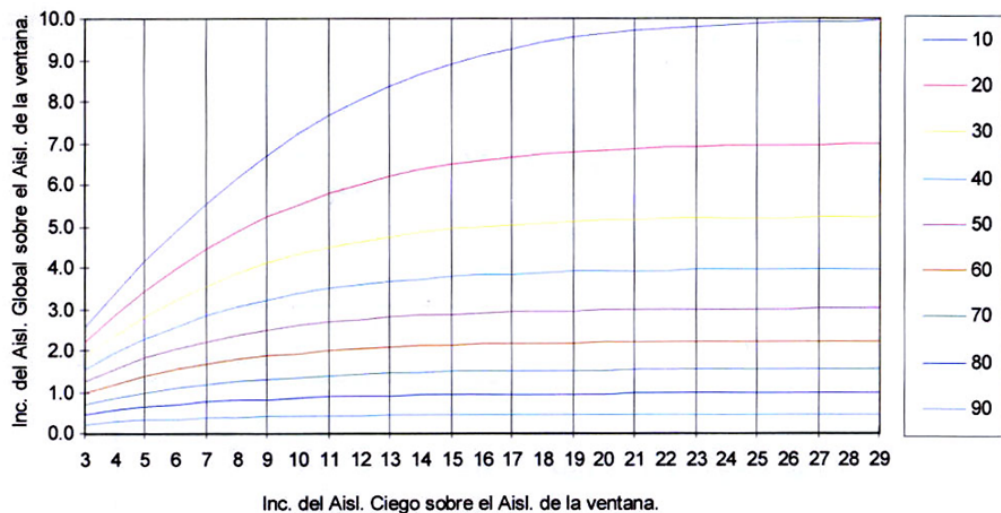
R_{m,A}	índice global de reducción acústica ponderado A del elemento constructivo mixto, [dBA];
R_{i,A}	índice global de reducción acústica ponderado A, del elemento i, [dBA];
S	área total del elemento constructivo mixto, [m ²];
S_i	área del elemento i, [m ²];

Si un elemento constructivo tiene un aislamiento acústico menor que el de los demás elementos que constituyen la partición mixta, va a ser determinante en el aislamiento mixto final.

Las fachadas son el caso más representativo de elemento constructivo mixto; en ellas, estos elementos acústicamente más débiles y que limitan el aislamiento acústico que se puede alcanzar frente al ruido exterior suelen ser las ventanas.

En estos casos, el aislamiento mixto máximo que se puede obtener es 10 dB superior al aislamiento del elemento más débil (normalmente la ventana). Por ello, para mejorar el aislamiento acústico de fachadas, el esfuerzo hay que centrarlo en mejorar el aislamiento acústico de la ventana, empleando ventanas de mejor calidad.

La [figura 5.3](#) ilustra esta influencia del elemento de menos aislamiento en el aislamiento global. Se puede apreciar cómo para porcentajes de huecos habituales 30 – 40 %, el aislamiento final que se puede obtener será como máximo entre 4 y 5 dB mayor que el valor de aislamiento de la ventana.



Figura

5.3 Relación entre el aislamiento global, el aislamiento de la ventana y de la parte ciega, en función del % de huecos

Ejemplo : Aislamiento acústico mixto

Se tiene un dormitorio de volumen $3,3 \times 3,5 \times 2,7 \text{ m} = 30,24 \text{ m}^3$ y 9 m^2 de fachada. La parte ciega está formada por ladrillo macizo de 15 cm, con un índice de reducción sonora $R_{Atr} = 46 \text{ dBA}$ y se va a colocar una ventana de dimensiones $1,5 \times 1,5 \text{ m} = 2,25 \text{ m}^2$, con índice de reducción acústica $R_{Atr} = 27 \text{ dBA}$.

En principio no cabe esperar un aislamiento mixto mayor que $27 + 10 = 37 \text{ dBA}$.

Si calculamos el aislamiento global:

$$R_{m,Atr} = -10 \cdot \log \left[\frac{S_C \cdot 10^{\frac{-R_{Atr,C}}{10}} + S_V \cdot 10^{\frac{-R_{Atr,V}}{10}}}{S_{\text{Total, fachada}}} \right] = -10 \cdot \log \left[\frac{(9 - 2,25) \cdot 10^{-4,6} + 2,25 \cdot 10^{-2,7}}{9} \right]$$

$$= 32,86 \text{ [dBA]}$$

5.4.3. AISLAMIENTO ACÚSTICO A RUIDO AÉREO ENTRE EDIFICIOS

Las medianerías son un tipo de cerramiento que lindan en parte o en toda su superficie con edificios ya construidos o que puedan construirse legalmente. Es por ello que son los elementos sobre los que se estudia el aislamiento acústico a ruido procedente de edificios colindantes.

Los índices que se emplean son la diferencia de niveles estandarizada para fachadas ponderada A, $D_{2m,nT,Atr}$, si se trata cada uno de los cerramientos de la medianera de forma independiente o la diferencia de niveles estandarizada ponderada A $D_{nT,A}$ correspondiente al conjunto de los dos cerramientos.

5.4.4. AISLAMIENTO ACÚSTICO A RUIDO DE IMPACTOS

El aislamiento acústico se puede determinar y expresar mediante una serie de índices. A continuación se muestran los principales índices empleados en aislamiento a ruido de impactos en acústica de la edificación:

Nivel de presión de ruido de impactos normalizado, L_n :

Es el nivel de presión de ruido de impactos de un elemento constructivo horizontal ensayado en laboratorio cuando es excitado por la máquina de impactos normalizada. Es función de la frecuencia:

$$L_n = L + 10 \cdot \log \frac{A}{10} \text{ [dB]}$$

L nivel de presión sonora de impactos medido en laboratorio (UNE EN ISO 10140-3) en el recinto receptor, [dB]

A área de absorción acústica equivalente del recinto receptor, [m²].

Nivel de presión de ruido de impactos normalizado medido in situ, L'_n :

Es el nivel de presión de ruido de impactos de un elemento constructivo horizontal ensayado in situ cuando es excitado por la máquina de impactos normalizada. Es función de la frecuencia:

$$L'_n = L + 10 \cdot \log \frac{A}{10} \text{ [dB]}$$

L nivel de presión sonora de impactos medido in situ (UNE EN ISO 140-7) en el recinto receptor, [dB]

Nivel de presión de ruido de impactos estandarizado, L'_{nT} :

Es el nivel de presión de ruido de impactos in situ, en dB, en el recinto receptor normalizado a un tiempo de reverberación de 0,5 s, cuando el elemento constructivo horizontal es excitado por la máquina de impactos normalizada. Es función de la frecuencia:

$$L'_{nT} = L - 10 \cdot \log \frac{T}{T_0} \text{ [dB]}$$

T tiempo de reverberación del recinto receptor, [s]

T₀ tiempo de reverberación de referencia, de valor 0,5 segundos, [s]

Relación entre las magnitudes L'_{nT} y L'_n :

$$L'_{nT} = L'_n - 10 \cdot \log \frac{0,16V}{A_0 T_0} = L'_n - 10 \cdot \log(0,032V) [\text{dB}]$$

V volumen del recinto receptor, [m³]

5.4.5. INDICES GLOBALES

Todas estas magnitudes descritas en los apartados anteriores dependen de la frecuencia. En principio siempre debería evaluarse el aislamiento de una solución constructiva analizando su espectro; sin embargo, para evaluar y comparar los resultados obtenidos tanto entre sí, como con las exigencias de la normativa, se puede caracterizar el aislamiento acústico mediante un único valor:

■ **Índice global ponderado W**

Se pueden expresar las magnitudes globales en términos de adaptación espectral C y C_{tr} .

RUIDO AÉREO

Índice global ponderado para la valoración del aislamiento, identificado mediante el **subíndice w** (por ejemplo, R_w , R'_{w} , $D_{nT,w}$, $D_{2m,nT,w}$, etc.)

El índice global representa el valor en dB, a 500 Hz de una curva de referencia que se desplaza para ajustarse a los valores de aislamiento obtenidos experimentalmente, según el método que especifica la norma **UNE EN ISO 717-1**.

Los índices globales dependen del espectro acústico de la fuente de ruido, por eso suelen acompañarse de un término de corrección espectral (C, C_{tr}):

- C es el término de adaptación espectral del índice de reducción acústica para ruido rosa incidente o ruido de tráfico ferroviario, en dB; Se utilizará cuando estamos hablando de elementos constructivos y aislamiento acústico entre dos viviendas.
- C_{tr} es el término de adaptación espectral del índice de reducción acústica para ruido de automóviles y de aeronaves, en dB. Se utilizará en los elementos constructivos y el aislamiento de fachadas.

Se obtienen del método de la curva de referencia de la norma UNE EN ISO 717-1.

Una vez que tenemos identificados los valores correspondientes al valor ponderado (por ejemplo, R_w), C y C_{tr} , la magnitud global se expresa de la siguiente manera:

$$R_w (C; C_{tr}) [\text{dB}]$$

RUIDO DE IMPACTOS

Nivel global de presión de ruido de impactos identificado mediante el **subíndice w** (por ejemplo, $L_{n,w}$, $L'_{n,w}$, $L_{nT,w}$, etc.)

El nivel global representa el valor en dB, a 500 Hz de una curva de referencia que se desplaza para ajustarse a los valores de aislamiento obtenidos experimentalmente, según el método que especifica la norma **UNE EN ISO 717-2**.

■ Índice global ponderado A

En el DB-HR del CTE las magnitudes de las exigencias de aislamiento a ruido aéreo tanto en interiores ($D_{nT,A}$) como frente al exterior ($D_{2m,nT,Atr}$, R_{Atr}), así como las magnitudes intermedias relativas al aislamiento de elementos constructivos (R_A), a los caminos de transmisión ($R_{bd,A}$, $R_{fd,A}$, $R_{df,A}$, $R_{ff,A}$), etc. vienen expresadas en dBA.

Un índice global expresado en dBA, lleva incorporado el término de adaptación espectral correspondiente.

El DB-HR acepta como **aproximación**, para expresar las magnitudes en dBA, las relaciones siguientes:

Tabla 5.2. Relación entre índices globales

Índices globales de aislamiento acústico – Ruido aéreo				
En el edificio			De elementos constructivos	
	Ponderación A	Aproximación	Ponderación A	Aproximación
Ruido aéreo entre recintos	$D_{nT,A}$	$D_{nT,w} + C$	R_A	$R_w + C$
Ruido aéreo entre un recinto y el exterior	Automóviles	$D_{2m,nT,Atr}$	R_{Atr}	$R_w + C_{tr}$
	Trenes	$D_{2m,nT,A}$		
Valores obtenidos in situ			Valores de laboratorio	

En el caso de aislamiento de fachadas a ruido de tráfico ($D_{2m,nT,Atr}$) y cuando no se disponga de la caracterización acústica de todos los elementos constructivos mediante los índices R_w , C y C_{tr} , se puede optar por calcular esta magnitud de forma conservadora mediante la expresión $D_{2m,nT,Atr} = D_{2m,nT,A} + C_{tr}$, utilizando como valor C_{tr} el coeficiente de adaptación espectral del elemento de aislamiento más débil (la ventana normalmente). Para el resto de elementos constructivos se podrá utilizar el índice global de reducción acústica, ponderado A (R_A). En el DB HR se establecen las siguientes definiciones:

Diferencia de niveles estandarizada, ponderada A, entre recintos interiores, $D_{nT,A}$:

Es la valoración global, en dBA, de la diferencia de niveles estandarizada, **entre recintos interiores**, D_{nT} , para ruido rosa. Se define mediante la expresión siguiente:

$$D_{nT,A} = -10 \cdot \log \sum_{i=1}^n 10^{(L_{Ar,i} - D_{nT,i})/10} \text{ [dBA]}$$

$D_{nT,i}$ diferencia de niveles estandarizada en la banda de frecuencia i , [dB];

$L_{Ar,i}$ valor del espectro normalizado del ruido rosa, ponderado A, en la banda de frecuencia i , [dBA];

i recorre todas las bandas de frecuencia de tercio de octava de 100 Hz a 5 kHz.

En el caso de **aislamiento de fachadas** las magnitudes globales ponderadas A que se utilizan son las siguientes:

Diferencia de niveles estandarizada, ponderada A, en fachadas, en cubiertas y en suelos en contacto con el aire exterior, $D_{2m,nT,A}$:

Valoración global, en dBA, de la diferencia de niveles estandarizada de una fachada, una cubierta o un suelo en contacto con el aire exterior, $D_{2m,nT}$, para ruido rosa:

$$D_{2m,nT,A} = -10 \cdot \log \sum_{i=1}^n 10^{(L_{Ar,i} - D_{2m,nT,i})/10} \text{ [dBA]}$$

- $D_{2m,nT,i}$ diferencia de niveles estandarizada, en la banda de frecuencia i , [dB];
 $L_{Ar,i}$ valor del espectro normalizado del ruido rosa, ponderado A, en la banda de frecuencia i , [dBA];
 i recorre todas las bandas de frecuencia de tercio de octava de 100 Hz a 5 kHz.

En caso de ruido predominante de tráfico ferroviario o de estaciones ferroviarias también se utilizará este índice para la valoración global, pero usando los valores del espectro normalizado de ruido de tráfico ferroviario o de estaciones ferroviarias, ponderado A.

Diferencia de niveles estandarizada, ponderada A, en fachadas, en cubiertas y en suelos en contacto con el aire exterior para ruido de automóviles, $D_{2m,nT,Atr}$:

Valoración global, en dBA, de la diferencia de niveles estandarizada de una fachada, una cubierta, o un suelo en contacto con el aire exterior, $D_{2m,nT}$ para un ruido exterior de automóviles:

$$D_{2m,nT,Atr} = -10 \cdot \log \sum_{i=1}^n 10^{(L_{Atr,i} - D_{2m,nT,i})/10} \text{ [dBA]}$$

- $D_{2m,nT,i}$ diferencia de niveles estandarizada, en la banda de frecuencia i , [dB];
 $L_{Atr,i}$ valor del espectro normalizado del ruido de automóviles, ponderado A, en la banda de frecuencia i , [dBA];
 i recorre todas las bandas de frecuencia de tercio de octava de 100 Hz a 5 kHz.

En caso de ruido predominante de aeronaves también se utilizará este índice para la valoración global, pero usando los valores del espectro normalizado de ruido de aeronaves, ponderado A.

5.4.6. RESUMEN MAGNITUDES DE AISLAMIENTO UTILIZADAS EN EL DB HR

RUIDO AÉREO

Como hemos visto hay una serie de magnitudes que:

- Dependen de la frecuencia (D_{nT})
- Expresan una magnitud global ($D_{nT,w}$, $D_{nT,A}$)
- Se refieren a un elemento constructivo (R_A)
- Se refieren a los recintos (R' , D_{nT})

La tabla siguiente resume todas estas magnitudes empleadas en aislamiento a ruido aéreo:

Relativas a elementos constructivos (Laboratorio)				Relativas a recintos (In Situ)			
Nombre	Por frecuencias	Global	Pond. A	Nombre	Por frecuencias	Global	Pond. A
Índice de reducción acústica	R	R_w	R_A R_{Atr}	Índice de reducción acústica aparente	R'	R'_w	R'_A R'_{Atr}
				Diferencia de niveles estandarizada	D_{nT}	$D_{nT,w}$	$D_{nT,A}$
				Diferencia de niveles estandarizada en fachadas	$D_{2m,nT}$	$D_{2m,nT,w}$	$D_{2m,nT,A}$ $D_{2m,nT,Atr}$

R_A es el aislamiento de un elemento constructivo en laboratorio.

NO SE PUEDE ENSAYAR IN SITU

$D_{nT,A}$ es el aislamiento in situ entre dos recintos.

ENSAYO IN SITU

RUIDO DE IMPACTOS

Como hemos visto hay una serie de magnitudes que:

- Dependen de la frecuencia (L_n)
- Expresan una magnitud global ($L'_{nT,w}$)
- Se refieren a un elemento constructivo (L_n)
- Se refieren a los recintos (L'_n)

La tabla siguiente resume todas estas magnitudes empleadas en aislamiento a ruido de impactos:

Relativas a elementos constructivos (Laboratorio)			Relativas a recintos (In Situ)		
Nombre	Por frecuencias	Global	Nombre	Por frecuencias	Global
Nivel de presión de ruido de impactos normalizado	L_n	$L_{n,w}$	Nivel de presión de ruido de impactos normalizado medido in situ	L'_n	$L'_{n,w}$
			Nivel de presión de ruido de impactos estandarizado	L'_{nT}	$L'_{nT,w}$

L_n es el aislamiento de un elemento constructivo en laboratorio.

NO SE PUEDE ENSAYAR IN SITU

$L_{nT,w}$ es el aislamiento in situ entre dos recintos.

ENSAYO IN SITU

5.5. PREDICCIÓN DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO: UNE EN 12354

Para determinar los elementos constructivos que satisfacen las exigencias de aislamiento acústico, así como de la forma en que éstos se unen entre sí, el DB-HR propone dos métodos:

- **La opción simplificada**, que contiene soluciones que dan conformidad a las exigencias de aislamiento acústico a ruido aéreo y de impactos.
- **La opción general**, que consiste en un método de cálculo basado en el modelo simplificado de la norma UNE EN 12354⁵, partes 1, 2 y 3. Apartado 3.1.3 del DB HR.

Para la **opción simplificada** el DB-HR propone una serie de tablas y un Catálogo de Elementos Constructivos, con las que pueden elegirse los elementos constructivos que cumplan con las exigencias de aislamiento acústico, sin necesidad de hacer cálculos.

En la **opción general**, sí es necesario realizar cálculos para obtener el aislamiento acústico. El procedimiento consiste en evaluar la cuantía de las transmisiones indirectas, para determinar cuál es el aislamiento acústico a ruido aéreo y a ruido de impactos medido in situ.

En este apartado se va a resumir la opción general del DB HR basada en el procedimiento simplificado de la norma *UNE EN 12354 Estimación de las características acústicas de las edificaciones a partir de las características de sus elementos*, para evaluar el aislamiento acústico de las particiones en la edificación.

⁵ Norma UNE EN 12354-1: 2000, estimación para el aislamiento acústico a ruido aéreo entre recintos.
Norma UNE EN 12354-2: 2001, estimación para el aislamiento acústico a ruido de impactos entre recintos.
Norma UNE EN 12354-3: 2001, estimación para el aislamiento acústico a ruido aéreo del exterior.

El **cálculo del aislamiento acústico a ruido aéreo** de elementos de separación verticales y horizontales, fachadas y cubiertas, debe realizarse separadamente del **cálculo del aislamiento a ruido de impactos** de los elementos de separación horizontales entre recintos superpuestos, adyacentes y recintos con una arista horizontal común.

A partir de los siguientes datos de los elementos constructivos, puede determinarse el aislamiento acústico a ruido aéreo con la diferencia de niveles estandarizada y ponderada A (**D_{nt,A}**) y el aislamiento a ruido de impactos, mediante el nivel global de presión de ruido de impactos estandarizado (**L'_{nt,w}**):

- Masa por unidad de superficie (m).
- Índice global de reducción acústica, ponderado A (RA).
- Nivel global de presión de ruido de impactos normalizado (L_{n,w}).

En este proceso deben de tenerse en cuenta:

- Las transmisiones acústicas directas de los elementos constructivos que los separan de otros.
- Las transmisiones indirectas entre todos los posibles caminos.
- Las características geométricas del recinto.
- Los elementos constructivos empleados.
- Las formas de encuentro de los elementos constructivos entre sí.

La opción general sí puede emplearse en cualquier tipo de edificios, sin restricciones, siempre y cuando se disponga de la información necesaria para conocer el aislamiento acústico de los elementos constructivos y de las uniones entre ellos.

El procedimiento recogido en la norma evalúa la cuantía de las transmisiones indirectas, sin embargo, la influencia de los defectos de ejecución o de los puentes acústicos en el aislamiento es muy difícil de evaluar. Cuando un elemento constructivo se ensaya en un laboratorio de acústica, no alberga instalaciones, ni presenta rozas. Por lo que el dato que nos proporciona un ensayo en cámara, siempre va a ser mayor que el aislamiento obtenido en la edificación. Simplemente, se puede decir que tan **sólo una buena ejecución**, que no deteriore los elementos constructivos o de lugar a puentes acústicos, **puede garantizar un buen aislamiento acústico**.

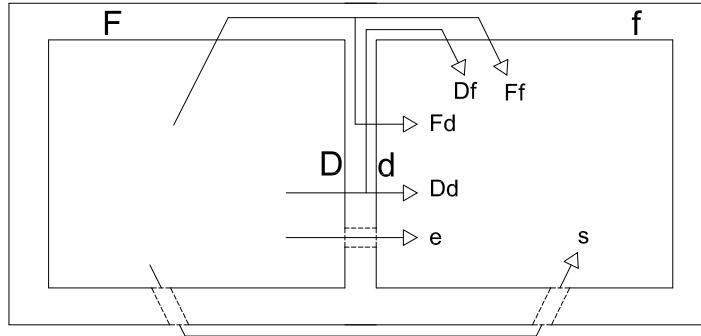
5.5.1. ESTIMACIÓN DEL AISLAMIENTO A RUIDO AÉREO ENTRE RECINTOS.

- La diferencia de niveles estandarizada, ponderada A, D_{nt,A}, utilizada para *recintos* interiores se calcula mediante la expresión:

$$D_{nt,A} = R'_A + 10 \cdot \log \frac{0.32 V}{S}$$

- V** volumen del recinto receptor, [m³]
S área compartida del elemento de separación, [m²]
R'_A índice global de reducción acústica aparente, ponderado A, [dBA].

- Para obtener el índice global de reducción acústica aparente, ponderado A, R'_A , se utilizarán los índices globales de reducción acústica de los elementos constructivos, R_A , dando como resultado los correspondientes valores de aislamiento in situ. Los índices de reducción acústica, R_A , de *elementos constructivos homogéneos* pueden calcularse según la ley de masa (expresiones A.16 y A.17 del Anejo A del DB HR), aunque es preferible usar valores determinados en laboratorio.



$$R'_A = -10 \cdot \log \left[10^{-0,1R_{Dd,A}} + \sum_{F=f=1}^n 10^{-0,1R_{Ff,A}} + \sum_{f=1}^n 10^{-0,1R_{Df,A}} + \sum_{F=1}^n 10^{-0,1R_{Fd,A}} + \frac{A_0}{S_s} \sum_{ai=e,i,si} 10^{-0,1D_{n,ai,A}} \right] \text{ [dBA]}$$

- $R_{Dd,A}$** índice global de reducción acústica para la transmisión directa, en dBA, para ruido rosa;
- $R_{Ff,A}$** índice global de reducción acústica para la transmisión indirecta, del camino Ff, en dBA, para ruido rosa;
- $R_{Df,A}$** índice global de reducción acústica para la transmisión indirecta, del camino Df, en dBA, para ruido rosa;
- $R_{Fd,A}$** índice global de reducción acústica para la transmisión indirecta, del camino Fd, en dBA, para ruido rosa;
- $D_{n,ai,A}$** diferencia de niveles normalizada, ponderada A, para la transmisión de ruido aéreo por vía directa, a través de aireadores u otros elementos de construcción pequeños, $D_{n,e,A}$, o por vía indirecta, $D_{n,s,A}$, a través de distribuidores y pasillos o a través de sistemas tales como conductos de instalaciones de aire acondicionado o ventilación;
- n** número de elementos de flanco del recinto, que normalmente es 4 pero puede ser diferente según el diseño del recinto;
- S_s** área compartida del elemento de separación, [m²];
- A_0** área de absorción equivalente de referencia, de valor $A_0=10$ m².

- El índice global de reducción acústica para la *transmisión directa* se determina a partir de los datos del elemento de separación según la expresión que sigue:

$$R_{Dd,A} = R_{s,A} + \Delta R_{Dd,A} \text{ [dBA]}$$

- $R_{s,A}$** índice global de reducción acústica del elemento de separación para ruido rosa incidente, [dBA];
- $\Delta R_{Dd,A}$** mejora del índice global de reducción acústica, por efecto de revestimientos del lado de la emisión y de la recepción, en dBA, para ruido rosa.

Este valor se obtiene directamente de resultados disponibles por ensayos en laboratorio para la combinación elegida o se puede deducir de los resultados obtenidos de cada uno de los revestimientos por separado:

$$\text{Un revestimiento: } \Delta R_{Dd,A} = \Delta R_{D,A} \quad \text{ó} \quad \Delta R_{Dd,A} = \Delta R_{d,A} \text{ [dBA]}$$

$$\text{Dos revestimientos: } \Delta R_{Dd,A} = \Delta R_{D,A} + \frac{\Delta R_{d,A}}{2} \quad \text{ó} \quad \Delta R_{Dd,A} = \Delta R_{d,A} + \frac{\Delta R_{D,A}}{2} \text{ [dBA]}$$

Se elegirá como valor mitad para el caso de dos *revestimientos*, el menor de ellos.

- Los valores de los índices globales de reducción acústica para la *transmisión por flancos* se determinan mediante las expresiones:

$$R_{Ff,A} = \frac{R_{F,A} + R_{f,A}}{2} + \Delta R_{Ff,A} + K_{Ff} + 10 \log \frac{S_s}{l_0 l_f} \quad [\text{dBA}]$$

$$R_{Df,A} = \frac{R_{S,A} + R_{f,A}}{2} + \Delta R_{Df,A} + K_{Df} + 10 \log \frac{S_s}{l_0 l_f} \quad [\text{dBA}]$$

$$R_{Ff,A} = \frac{R_{F,A} + R_{S,A}}{2} + \Delta R_{Fd,A} + K_{Fd} + 10 \log \frac{S_s}{l_0 l_f} \quad [\text{dBA}]$$

- $R_{F,A}$** índice global de reducción acústica del elemento de flanco F, (en dBA, para ruido rosa),
 $R_{f,A}$ índice global de reducción acústica del elemento de flanco f, (en dBA, para ruido rosa),
 $\Delta R_{Ff,A}$ mejora del índice global de reducción acústica, por efecto de revestimientos del elemento de flanco, del lado de la emisión y de la recepción, (en dBA, para ruido rosa),
 $\Delta R_{Df,A}$ mejora del índice global de reducción acústica, por efecto de revestimientos en el elemento de separación del lado de la emisión y/o del elemento de flanco en la recepción, (en dBA, para ruido rosa),
 $\Delta R_{Fd,A}$ mejora del índice global de reducción acústica, por efecto de revestimientos en el elemento de flanco del lado de la emisión y/o del elemento de separación en la recepción, (en dBA, para ruido rosa).
 Estos valores se obtienen directamente de resultados disponibles por ensayos en laboratorio para la combinación elegida o se pueden deducir de los resultados obtenidos en cada una de las capas implicadas independientemente ($ij = Ff; Fd$ o Df):

$$\text{Un revestimiento: } \Delta R_{ij,A} = \Delta R_{i,A} \quad \text{ó} \quad \Delta R_{ij,A} = \Delta R_{j,A} \quad [\text{dBA}]$$

$$\text{Dos revestimientos: } \Delta R_{ij,A} = \Delta R_{i,A} + \frac{\Delta R_{j,A}}{2} \quad \text{ó} \quad \Delta R_{ij,A} = \Delta R_{j,A} + \frac{\Delta R_{i,A}}{2} \quad [\text{dBA}]$$

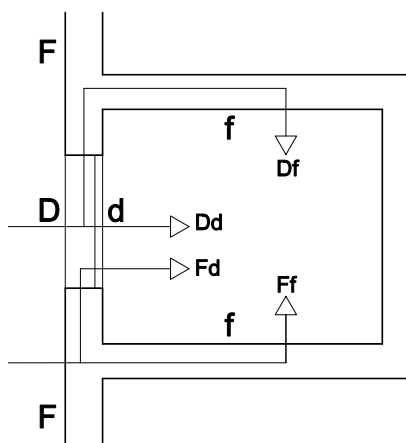
Se elegirá como valor mitad para el caso de dos *revestimientos*, el menor de ellos.

- K_{ij}** índice de reducción de vibraciones para el camino por flancos ij ($ij = Ff; Fd$ o Df), [dB]; Los K_{ij} se calcularán de acuerdo al Anejo D del DB HR
 S_s área compartida del elemento de separación, en m^2
 l_f longitud común de la arista de unión entre el elemento de separación y los elementos de flancos F y f, [m];
 l_0 longitud de la arista de unión de referencia, de valor $l_0 = 1$ m.

5.5.2. ESTIMACIÓN DEL AISLAMIENTO A RUIDO AÉREO DE FACHADAS.

Cuando el *ruido exterior dominante* es el ferroviario o el de estaciones ferroviarias, se debe usar la magnitud de aislamiento global $D_{2m,nT,A}$. Cuando el *ruido exterior dominante* es el de automóviles o el de aeronaves, la magnitud del aislamiento global es $D_{2m,nT,Atr}$.

El valor de $D_{2m,nT,Atr}$ se puede aproximar mediante $D_{2m,nT,A} + C_{tr}$, usando para C_{tr} , el valor del término de adaptación espectral para ruido de tráfico del índice de reducción acústica del elemento de aislamiento más débil, generalmente la ventana, que se obtendrá en los datos de los productos o en tabulaciones incluidas en el Catálogo de Elementos Constructivos u otros Documentos Reconocidos.



- La diferencia de niveles estandarizada, ponderada A, de la *fachada* o de la *cubierta*, viene dada por la expresión:

$$D_{2m,nT,A} = R'_A + \Delta L_{fs} + 10 \cdot \log \frac{V}{\delta T_0 S} \quad [\text{dBA}]$$

- R'_A índice global de reducción acústica aparente, ponderado A, [dBA];
- ΔL_{fs} mejora del aislamiento o diferencia de niveles por la forma de la fachada, [dB], que figura en el anejo F del DB HR; este factor sólo es aplicable en el caso de ruido de automóviles y ruido ferroviario o de estaciones ferroviarias, y no en el caso de ruido de aeronaves;
- V volumen del recinto receptor, [m³];
- S área total de la fachada o de la cubierta, vista desde el interior del recinto, [m²];
- T_0 tiempo de reverberación de referencia; su valor es $T_0 = 0,5$ s.

El índice global de reducción acústica aparente, ponderado A, R'_A , se obtiene considerando las *transmisiones directas* e *indirectas* de la misma manera que en el índice global de reducción acústica entre *recintos* interiores.

- La transmisión por flancos comprende todos los caminos indirectos, incluidos los correspondientes a elementos de fachada o de cubierta que no pertenecen al recinto.

$$R'_A = -10 \cdot \log \left[10^{-0,1R_{m,A}} + \sum_{f=1}^n 10^{-0,1R_{ff,A}} + \sum_{f=1}^n 10^{-0,1R_{Df,A}} + \sum_{f=1}^n 10^{-0,1R_{fd,A}} + \frac{A_0}{S_s} \sum_{\alpha l=\Theta l, si} 10^{-0,1D_{n,\alpha l,A}} \right] [\text{dBA}]$$

- R_{m,A}** índice global de reducción acústica del elemento constructivo mixto (aislamiento mixto), ponderado A [dBA]. En el Anejo G se detalla el cálculo del aislamiento de estos elementos;
- n** número de caminos indirectos.

Para aireadores sin tratamiento acústico se considera:

$$D_{n,e,A} = -10 \cdot \log \left[\frac{S_0}{10} \right] [\text{dBA}]$$

- S₀** área del aireador, [m²].

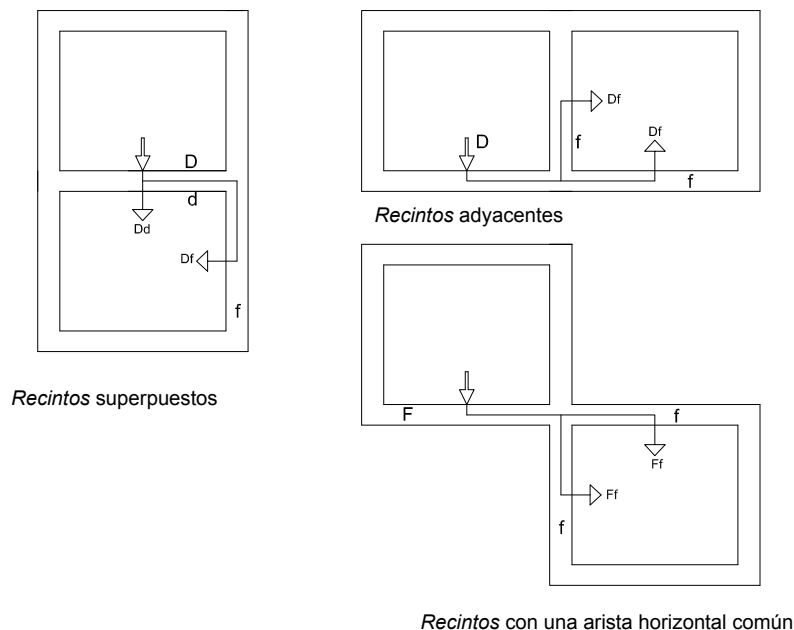
5.5.3. ESTIMACIÓN DEL AISLAMIENTO A RUIDO AÉREO ENTRE EDIFICIOS

Cada uno de los cerramientos de una *medianería* se dimensionará con el método de cálculo de *aislamiento acústico a ruido aéreo* del apartado anterior. El *aislamiento acústico a ruido aéreo* vendrá dado en términos de la diferencia de niveles estandarizada, ponderada A, para ruido exterior, D_{2m,nT,Atr}.

El valor de D_{2m,nT,Atr} se puede aproximar mediante D_{2m,nT,A} + C_{tr}, usando para C_{tr}, el valor del término de adaptación espectral para ruido de tráfico del índice de reducción acústica del cerramiento de la medianería, que se obtendrá en los datos de los productos o en tabulaciones incluidas en el Catálogo de Elementos Constructivos u otros Documentos Reconocidos.

5.5.4. ESTIMACIÓN DEL AISLAMIENTO A RUIDO DE IMPACTOS.

Las situaciones con transmisiones más importantes del ruido de impactos corresponden a *recintos superpuestos*, *recintos adyacentes* y *recintos con una arista horizontal común* formando diedros opuestos por la arista.



El nivel global de presión de ruido de impactos estandarizado se calcula mediante la expresión:

$$L'_{nI,w} = L'_{n,w} - 10 \cdot \log(0,032 V) \quad [\text{dB}]$$

V volumen del recinto receptor, [m³];

L'_{n,w} nivel global de presión de ruido de impactos normalizado, [dB].

El nivel global de presión de ruido de impactos normalizado, $L'_{n,w}$, resultante, para *recintos* superpuestos, *recintos* adyacentes y *recintos* con una arista horizontal común se calcula mediante las expresiones que se indican en los siguientes apartados.

Podrán aplicarse valores globales a todas las magnitudes de los elementos constructivos que aparecen en el cálculo.

RECINTOS SUPERPUESTOS

- El nivel global de presión de ruido de impactos normalizado viene dado por:

$$L'_{n,w} = 10 \cdot \log \left[10^{0,1L_{n,w,d}} + \sum_{j=1}^n 10^{0,1L_{n,w,ij}} \right] \quad [\text{dB}]$$

L_{n,w,d} nivel global de presión de ruido de impactos normalizado, debido a la transmisión directa, [dB];

L_{n,w,ij} nivel global de presión de ruido de impactos normalizado, debido a la transmisión indirecta, por flancos, [dB];

n número de flancos o de elementos de flanco, generalmente 4.

- La transmisión directa vale:

$$L_{n,w,d} = L_{n,w} - \Delta L_w - \Delta L_{d,w} \quad [\text{dB}]$$

L_{n,w} nivel global de presión de ruido de impactos normalizado, [dB];

ΔL_w reducción del nivel global de presión de ruido de impactos por revestimiento del lado de la emisión, (p.e. suelos flotantes), [dB];

$\Delta L_{d,w}$ reducción del nivel global de presión de ruido de impactos por revestimiento del lado de la recepción, (p.e. techos suspendidos), [dB].

- La transmisión indirecta desde el elemento i al j vale:

$$L_{n,w,ij} = L_{n,w} - \Delta L_w + \frac{R_{i,A} - R_{j,A}}{2} - \Delta R_{j,A} - K_{ij} - 10 \log \frac{S_i}{l_0} \quad [\text{dB}]$$

L_{n,w} nivel global de presión de ruido de impactos normalizado, [dB];

ΔL_w reducción del nivel global de presión de ruido de impactos por revestimiento, colocado en este caso, del lado de la emisión, (p.e. suelos flotantes), [dB];

R_A índice global de reducción acústica de un elemento, ponderado A, [dBA];

$\Delta R_{j,A}$ mejora del índice global de reducción acústica por revestimiento del elemento j, [dB];

K_{ij} índice de reducción de vibraciones para cada camino de transmisión del elemento i al j, [dB];

S_i área del elemento excitado, [m²];

l_{ij} longitud común de la arista de unión entre el elemento i y el j, [m];

l_0 longitud de la arista de unión de referencia de valor 1 m, [m].

RECINTOS ADYACENTES Y RECINTOS CON UNA ARISTA HORIZONTAL COMÚN

En estos casos no existen transmisiones directas. Las expresiones resultantes son inmediatas a la vista de las figuras correspondientes y de las relaciones para los distintos caminos de *transmisión indirecta* señalados en el punto anterior para $L_{n,w,ij}$:

$$L'_{n,w} = 10 \cdot \log \left[\sum_{j=1}^n 10^{0,1 L_{n,w,ij}} \right] \text{ [dB]}$$

Con la misma notación que la expresión para el nivel global de presión de ruido de impactos normalizado para recintos superpuestos.

5.6. VALORES LÍMITE DE AISLAMIENTO EXIGIDOS EN EL DB –HR

En general, en el DB HR las exigencias de aislamiento acústico se establecen mediante índices que expresan el aislamiento acústico en el edificio terminado y pueden comprobarse mediante un ensayo de aislamiento acústico normalizado. El valor de esta medición es directamente comparable con el de la exigencia. Así ocurre con los índices DnT,A , $D2m,nT,Atr$ y $L'nT,w$ que expresan aislamiento acústico a ruido aéreo procedente del interior, exterior y de impactos respectivamente.

Sólo en casos concretos, como en el caso de la tabiquería interior de viviendas, el DB HR especifica exigencias a elementos constructivos en términos de índices de laboratorio, como el índice de reducción acústica ponderado A, RA .

Las exigencias de aislamiento acústico se determinan según sea la procedencia del ruido que afecta a los recintos del edificio en cuestión:

- Ruido interior: Ruido aéreo y ruido de impactos, entre recintos del edificio.
- Ruido procedente del exterior.
- Ruido procedente de edificios colindantes.

El ámbito de aplicación de las exigencias de aislamiento acústico es el de los edificios de nueva construcción, ya sean de carácter residencial, sanitario, docente o administrativo, o edificios en los que se haya realizado una reforma integral.

AISLAMIENTO A RUIDO AÉREO

El aislamiento a ruido aéreo se puede clasificar en función de la procedencia del ruido como:

- Ruido interior: Ruido aéreo entre recintos del edificio.
- Ruido procedente del exterior.
- Ruido procedente de edificios colindantes.

Las exigencias de aislamiento acústico **entre recintos** se establecen:

- Entre una unidad de uso y cualquier recinto del edificio que no pertenezca a dicha unidad de uso.
- Entre recintos habitables⁶ o protegidos⁷ y:
 - Recintos de instalaciones⁸.
 - Recintos de actividad o ruidosos⁹.

Las exigencias de aislamiento acústico entre un recinto y el **exterior** se aplican sólo a los recintos protegidos del edificio. Las exigencias de aislamiento acústico a ruido **exterior** se determinan en función del nivel de ruido existente en la zona donde se ubica el edificio. Este nivel de ruido se define a través del índice de ruido "Ld", el cual representa la molestia producida durante el periodo "Día" (07.00 h – 19.00 h). Se define como el nivel sonoro medio a largo plazo, ponderado A y determinado a lo largo de todos los periodos diurnos de un año.

Las exigencias de aislamiento acústico **entre edificios** se aplican indistintamente a los recintos protegidos y habitables colindantes con otro edificio, es decir, en contacto con una medianería.

Los elementos constructivos interiores de separación, así como las *fachadas*, las *cubiertas*, las *medianerías* y los suelos en contacto con el aire exterior que conforman cada *recinto* de un edificio deben tener, en conjunción con los elementos constructivos adyacentes, unas características tales que se cumpla:

⁶ Recinto habitable: Recinto interior destinado al uso de personas cuya densidad de ocupación y tiempo de estancia exigen unas condiciones acústicas, térmicas y de salubridad adecuadas. (Ejemplos: a) habitaciones y estancias en edificios residenciales ; b) aulas, salas de conferencias, bibliotecas, despachos, en edificios de uso docente; c) quirófanos, habitaciones, salas de espera, en edificios de uso sanitario u hospitalario; d) oficinas, despachos; salas de reunión, en edificios de uso administrativo; e) cocinas, baños, aseos, pasillos, distribuidores y escaleras, en edificios de cualquier uso)

⁷ Recinto protegido: Recinto habitable con mejores características acústicas. Se consideran recintos protegidos los recintos habitables de los casos a), b), c), d).

⁸ Recinto de instalaciones: que contiene equipos de instalaciones colectivas del edificio, entendiéndose como tales, todo equipamiento o instalación susceptible de alterar las condiciones ambientales de dicho recinto. (El recinto del ascensor no se considera salvo que tenga la maquinaria dentro del mismo)

⁹ Recinto de actividad : recintos en edificios de uso residencial (público y privado), hospitalario o administrativo, en los que se realiza una actividad distinta a la realizada en el resto de los recintos del edificio en el que se encuentra integrado,

Tabla 5.3. Valores límite de aislamiento acústico a ruido aéreo

Valores límite de aislamiento acústico – Ruido aéreo					
RECINTO EMISOR		RECINTO RECEPTOR			
		Recintos Protegidos		Recintos Habitables	
Entre Recintos	Misma unidad de uso ¹⁰	R _A ≥ 33 dBA Tabiquería		R _A ≥ 33 dBA Tabiquería	
	Distinta unidad de uso	Sin puertas y ventanas	Puertas y ventanas comunes	Sin puertas y ventanas	Puertas y ventanas comunes
		D _{nT,A} ≥ 50dBA	R _A ≥ 30 dBA Puertas o ventanas	D _{nT,A} ≥ 45dBA	R _A ≥20 dBA Puertas o ventanas
			R _A ≥ 50 dBA Cerramiento opaco		R _A ≥50 dBA Cerramiento opaco
	Recintos de instalaciones o de actividad	D _{nT,A} >55dBA		D _{nT,A} ≥45dBA	R _A ≥30 dBA Puertas
		R _A ≥50 dBA Cerramiento opaco			
Exterior	Del exterior	D _{2m,nT,Atr} ≥ Valores de la tabla 5.4 ¹¹		No es aplicable	
Entre Edificios	D _{2m,nT,Atr} ≥ 40dBA ¹² ó D _{nT,A} ≥ 50dBA ¹³				

El **aislamiento acústico a ruido aéreo**, $D_{2m,nT,Atr}$, entre un **recinto protegido** y el **exterior** no será menor que los valores indicados en la tabla 5.4,

Tabla 5.4. Valores de aislamiento acústico a ruido aéreo $D_{2m,nT,Atr}$, en dBA entre un recinto protegido y el exterior en función del índice de ruido, L_d

Valores de aislamiento acústico a ruido aéreo exterior $D_{2m,nT,Atr}$				
L_d dBA	USO DEL EDIFICIO			
	Residencial y hospitalario		Cultural, sanitario, docente y administrativo	
	Dormitorios	Estancias	Estancias	Aulas
$L_d \leq 60$	30	30	30	30
$60 < L_d \leq 65$	32	30	32	30
$65 < L_d \leq 70$	37	32	37	32
$70 < L_d \leq 75$	42	37	42	37
$L_d > 75$	47	42	47	42

¹⁰ En edificios de uso residencial privado

¹¹ El aislamiento acústico a ruido aéreo, $D_{2m,nT,Atr}$, entre un recinto protegido y el exterior no será menor que los valores indicados en la tabla 5.4, en función del uso del edificio y de los valores del índice de ruido día, L_d , definido en el Anexo I del Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre, de la zona donde se ubica el edificio.

¹² Requisito para el aislamiento acústico a ruido aéreo ($D_{2m,nT,Atr}$) de cada uno de los cerramientos de la medianería entre dos edificios.

¹³ Requisito para el aislamiento acústico a ruido aéreo ($D_{nT,A}$) correspondiente al conjunto de los dos cerramientos.

Cuando se prevea que algunas *fachadas*, tales como *fachadas* de patios de manzana cerrados o patios interiores, así como *fachadas* exteriores en zonas o entornos tranquilos, no van a estar expuestas directamente al ruido de automóviles, aeronaves, de actividades industriales, comerciales o deportivas, se considerará un índice de ruido día, L_d , 10 dBA menor que el índice de ruido día de la zona.

Cuando en la zona donde se ubique el edificio el *ruido exterior dominante* sea el de aeronaves según se establezca en los mapas de ruido correspondientes, el valor de *aislamiento acústico a ruido aéreo*, $D_{2m,nT,Atr}$, obtenido en la tabla 5.4 se incrementará en 4 dBA.

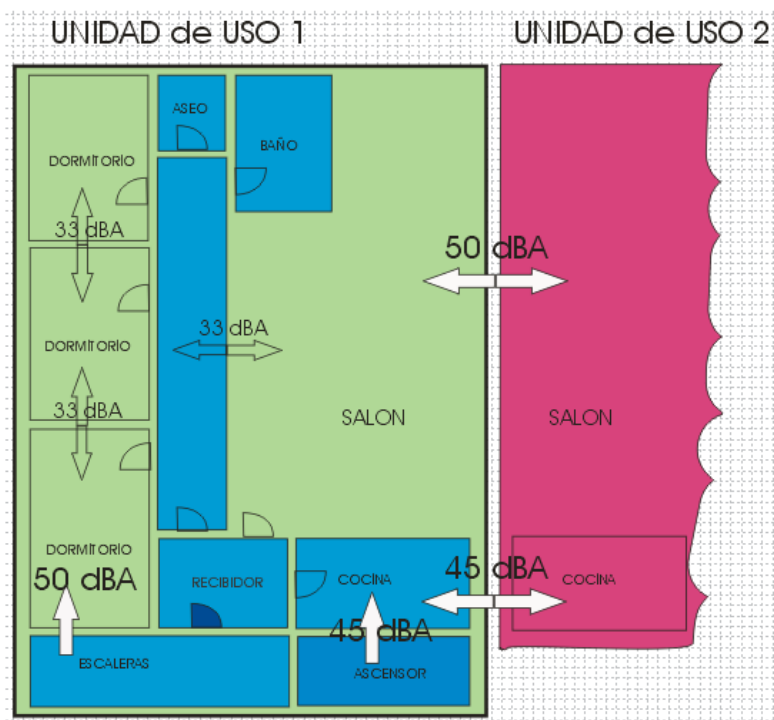


Figura 5.4 Límites de aislamiento acústico a ruido aéreo entre dos unidades de uso

AISLAMIENTO A RUIDO DE IMPACTOS

Los elementos constructivos de separación horizontales deben tener, en conjunción con los elementos constructivos adyacentes, unas características tales que se cumpla:

Tabla 5.5. Valores límite de aislamiento acústico a ruido de impactos
Valores límite de aislamiento acústico – Ruido de impactos

RECINTO EMISOR		RECINTO RECEPTOR	
		Recintos Protegidos	Recintos Habitables
Entre Recintos ¹⁴	Distinta unidad de uso	$L'_{nT,W} \leq 65 \text{ dB}$	
	Recintos de instalaciones o de actividad	$L'_{nT,W} \leq 60 \text{ dB}$	$L'_{nT,W} \leq 60 \text{ dB}$

¹⁴ Entre recintos colindantes vertical u horizontalmente o que tengan una arista horizontal común.

Soluciones para la Rehabilitación Acústica

6. SOLUCIONES PARA LA REHABILITACIÓN ACÚSTICA

6.1. LA REHABILITACIÓN ACÚSTICA

Parece necesario materializar un cambio de modelo urbano, quizás debido a las consecuencias negativas del modelo anterior; consumo y especulación desmedida del suelo, 3,4 millones de viviendas vacías en España, abandono de la rehabilitación de viviendas frente a la obra de nueva construcción, edificios obsoletos e ineficientes desde el punto de vista energético y un alto índice de pobreza energética¹.

Las ventajas medioambientales, sociales y económicas derivadas de la práctica de la [rehabilitación urbana sostenible](#) son más que evidentes. Siempre es preferible rehabilitar, reformar e invertir en edificios existentes que construir nuevos. Rehabilitar es siempre más sostenible que cualquier modo de edificación nuevo, y además puede significar una apuesta ante la crisis.

Según Margarita De Luxán², rehabilitar un edificio de viviendas, manteniendo los muros y forjados, aunque se cambie la tabiquería interior, se sustituyan todas las carpinterías, se le dote de aislamientos y se le cambien las instalaciones, supone un [ahorro energético y de contaminación del 60%](#) aproximadamente frente a la construcción de otro nuevo.

Por otro lado, los beneficios sociales y económicos de la rehabilitación son inmediatos y tangibles, ya que mejora la calidad de vida de la población, arraiga a sus residentes en su entorno, mantiene la ciudad viva, crea actividad económica, preserva el patrimonio y garantiza la pervivencia de los espacios públicos como lugar de encuentro, de intercambio, de cultura, de relación...

¹ Este concepto fue definido en Gran Bretaña en 1988 y comprende a los consumidores que destinan más del 10% de sus ingresos familiares a pagar las facturas de energía de su vivienda.

² Margarita de Luxán – Miembro del Grupo de Investigación en Arquitectura, Urbanismo y Sostenibilidad GIAU+S. Doctora Arquitecta. Universidad Politécnica de Madrid.

Ante esta situación, la **rehabilitación acústica** juega un papel fundamental en la intervención arquitectónica de los edificios, pues su impacto en la vida y la salud de los vecinos y vecinas puede ser muy significativo, y es una oportunidad única para mejorar la envolvente acústica de nuestros edificios.

La defensa de un entorno urbano acústicamente sostenible y respetuoso con el medio ambiente es vital para cualquier población, más aún para una ciudad en desarrollo. La ciudadanía es cada vez más sensible y exigente cuando concurren factores negativos referidos a su calidad de vida.

La realidad es que la mayoría de las viviendas españolas no tienen unos niveles adecuados de calidad acústica y por tanto de habitabilidad. La estimación oficial que realiza el Ministerio de Fomento del parque de viviendas en España hasta el año 2010 es de 25.837.108 viviendas, de las cuales, cerca de 300.000 se terminaron de construir durante el año 2010. Teniendo en cuenta que el Documento Básico de Protección frente al ruido DB HR entró en vigor en abril del año 2009, solo en una pequeña parte de las viviendas construidas en el último año, les es de aplicación las nuevas exigencias normativas. Por tanto, la gran mayoría de las viviendas de España están construidas en base a la antigua normativa acústica NBE-CA88 o anteriores a esta.

El DB HR Protección frente al ruido es de obligado cumplimiento únicamente para las obras de rehabilitación integral, sin embargo, cada obra de rehabilitación es una **oportunidad de mejorar las deficientes condiciones acústicas** de los edificios, dentro de lo viable técnica y económicamente, a pesar de que puede que no se lleguen a alcanzar los niveles exigidos en el DB HR.

En este capítulo se van a describir las posibles soluciones para mejorar el aislamiento acústico de los edificios existentes, y se van a estimar las mejoras in situ, usando la **herramienta oficial** del **DB HR** del CTE de predicción de aislamiento acústico, basada en la norma UNE EN 12354.

6.2. ACTUACIONES Y GRADOS DE MEJORA

En el proyecto de rehabilitación acústica se deben considerar tres factores importantes de cara a la obtención de unos niveles de aislamiento acústico adecuados.

- **La planificación de los espacios.** La ubicación de los recintos sensibles al ruido debe estar alejada de los recintos más ruidosos, como cuartos húmedos, cocinas, recintos de instalaciones o locales comerciales. En muchos casos la distribución ya está determinada por el estado del edificio existente y no siempre es posible modificarla.
- **El tipo de elementos constructivos existentes.** El aislamiento acústico entre recintos depende en gran medida de los elementos constructivos de separación entre recintos, sin embargo, a veces no es suficiente con proyectar un elemento constructivo muy aislante entre dos recintos, siendo las uniones entre recintos igualmente importantes. Por ello deben considerarse las uniones entre los elementos constructivos que forman los recintos, especialmente la fachada y la tabiquería, ya que de esa manera se evitan transmisiones por flancos dominantes.
- **Una ejecución correcta.** No puede dejar de mencionarse que un buen diseño y una correcta elección de materiales y sistemas constructivos no son suficientes sino están acompañados de una ejecución cuidada que no menoscabe las prestaciones acústicas de los materiales.

En general la mejor opción para conseguir un buen aislamiento acústico pasa por la **desconexión estructural de los recintos ruidosos**, actuándose de forma conjunta en los elementos de separación verticales, horizontales, tabiquería, fachada e instalaciones. Sin embargo, en una obra de rehabilitación, la casuística de materiales y soluciones constructivas es muy variada y dependiendo del alcance de la misma, podrán llevarse a cabo pequeñas o grandes actuaciones que contribuyan a mejorar el aislamiento acústico.

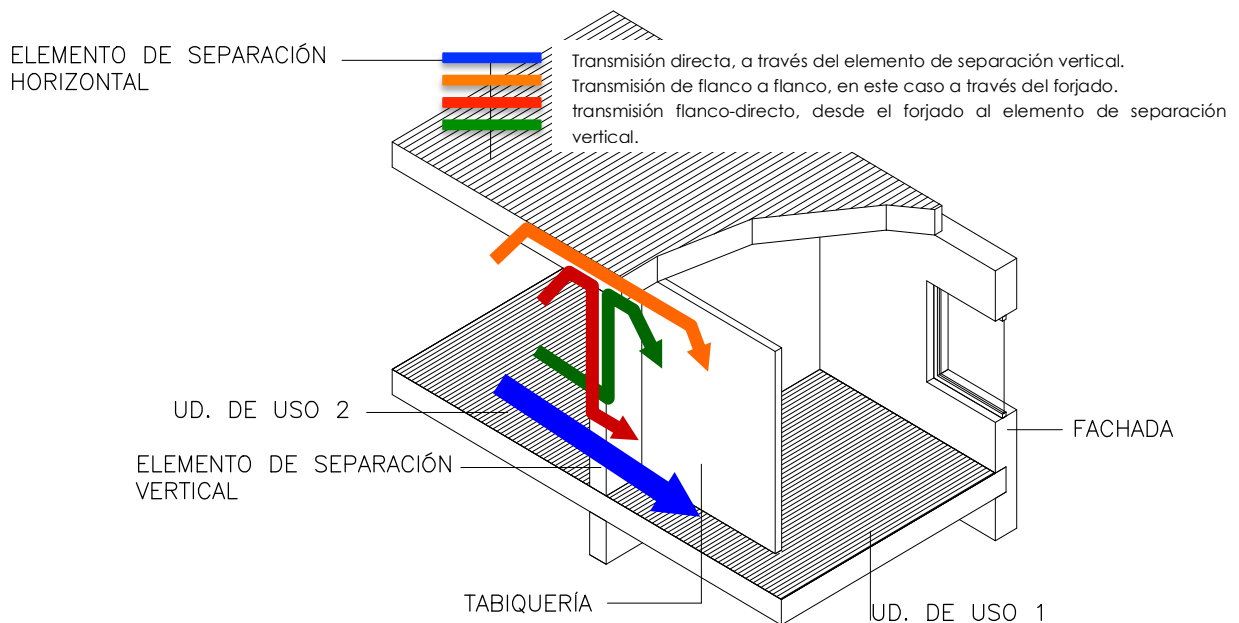


Figura 6.1 Elementos que componen dos unidades de uso y vías de transmisión acústica a ruido aéreo.

Se van a aclarar tres conceptos propios del ámbito arquitectónico que nos van a ayudar a entender los elementos a través de los que se transmite el ruido:

1. **Elementos de separación verticales:** Particiones verticales que separan una unidad de uso (que únicamente contiene recintos protegidos o habitables) de cualquier recinto del edificio (recintos de instalaciones o de actividad).

Dentro del DB-HR se definen tres tipos de elementos de separación verticales:

- Tipo 1: Elementos compuestos por un **elemento base, de una o dos hojas de fábrica, hormigón, o paneles prefabricados pesados (Eb), sin trasdosado o con un trasdosado por ambos lados (Tr)**.
 - Tipo2: **Elementos de dos hojas de fábrica o paneles prefabricados pesados (Eb), con bandas elásticas (B)** en su perímetro. Éstas están dispuestas en los encuentros de, al menos, una de las hojas con forjados, suelos, techos, pilares y fachadas.
 - Tipo3: Elementos de **dos hojas de entramado autoportante (Ee)**. En todos los elementos de dos hojas, la cámara debe ir rellena con un material absorbente acústico o amortiguador de vibraciones.
2. **Elementos de separación horizontales:** Particiones horizontales que separan una unidad de uso (que únicamente puede contener recintos protegidos y habitables) de cualquier otro recinto del edificio (recintos de instalaciones o de actividad). Están formados por:
 - Forjado (F)
 - Suelo flotante (Sf)
 - Techo suspendido (Ts) (en algunos casos)

Los *forjados* que delimitan **superiormente** una unidad de uso deben disponer de un *suelo flotante*, y, en su caso, de un *techo suspendido*, con los que se cumplan los valores de:

- Mejora del índice global de reducción acústica, ponderado A: RA
- Reducción del nivel del nivel global de presión de ruido de impactos: Lw

Los *forjados* que delimitan **inferiormente** una unidad de uso, y la separan de una zona común, de un recinto de instalaciones o de un recinto de actividad, deben disponer de una combinación de *suelo flotante* y *techo suspendido*.

El empleo de *suelos flotantes* como elementos de separación horizontales es la manera más eficiente de aislar el ruido de impactos. Deben utilizarse en la mayoría de los recintos de un edificio, tanto si colindan vertical u horizontalmente.

En cuanto a los encuentros entre elementos de separación verticales y elementos de separación horizontales, el DB-HR propone que para evitarse la transmisión de ruido y vibraciones entre recintos:

- Deben **eliminarse** los **contactos** entre el **suelo flotante** y los **elementos de separación verticales**, pilares y tabiques con apoyo directo. Para ello, se interpondrá entre ambos una capa de material elástico o del mismo material aislante a ruido de impactos del suelo flotante.
- Los techos suspendidos o los suelos registrables no serán continuos entre dos recintos pertenecientes a dos unidades de uso diferentes.

3. **Tabiquería:** Un tabique no es un elemento de separación vertical, ya que no separa unidades de uso de cualquier otro recinto del edificio. La tabiquería está formada por el conjunto de particiones interiores de una misma unidad de uso.

Al igual que para los elementos de separación verticales, en el DB-HR también se definen tres tipos de tabiquería:

- Tabiquería de fábrica o de paneles prefabricados pesados, con **apoyo directo en el forjado, sin interposición de bandas elásticas.**
- Tabiquería de fábrica o de paneles prefabricados pesados, con **bandas elásticas dispuestas, al menos, en los encuentros inferiores con los forjados, o apoyada sobre el suelo flotante.**
- Tabiquería de **entramado autoportante.**

Los diferentes tipos de tabiquería deben cumplir con los valores mínimos de masa por unidad de superficie (m) y del índice global de reducción acústica, ponderado A (RA), expresados en la siguiente tabla:

Tabla 6.1. Valores mínimos de masa por unidad de superficie (m) y del índice global de reducción acústica, ponderado A (R_A) para los distintos tipos de tabiquería

Valores límite para la tabiquería			
		m (Kg/m ²)	R_A (dBA)
Tabiquería	Fábrica o de paneles prefabricados pesados con apoyo directo	70	35
	Fábrica o de paneles prefabricados pesados con bandas elásticas	65	33
	Entramado autoportante	25	43

6.2.1. ACTUACIONES EN ELEMENTOS DE SEPARACIÓN VERTICALES

La mayoría de las actuaciones de los elementos de separación verticales conllevan una reducción de la superficie útil de los recintos en al menos 6 cm y hacen necesario el replanteo de las instalaciones de calefacción y del cableado de electricidad. En algunos casos incluso afectan a los acabados de las fachadas, lo que puede ser significativo si se trata de edificios protegidos.

El trasdosado es la solución más recurrida en las actuaciones de los elementos de separación verticales. Se denomina trasdosado al revestimiento de cualquier tipo de muro que pueda existir en la vivienda, ya sea en el interior del edificio o de forrado interior de la fachada. Se pueden diferenciar dos tipos:

- **Trasdosado autoportante:** está constituido por una o más placas de yeso laminado u otro material de diferentes espesores, ancladas a una perfilera autoportante y separadas de la hoja de fábrica, con una cámara de aire rellena de un absorbente acústico.
- **Trasdosado directo:** consiste en un panel compuesto por una o más placas de yeso laminado o ladrillo cerámico adheridas a una capa de un material absorbente como la lana mineral. Este panel suele ir pegado a la pared mediante pelladas de yeso.

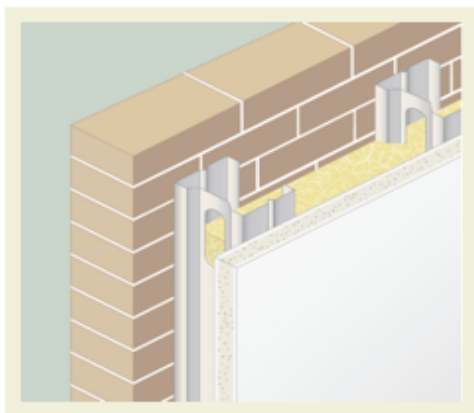


Figura 6.2 Trasdosado autoportante [$\Delta R_A = 17-9$]

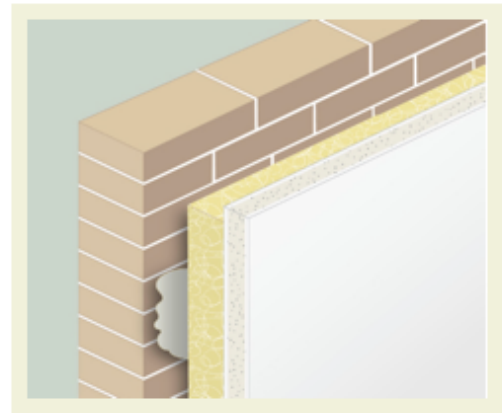
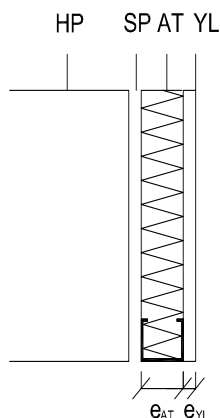


Figura 6.3 Trasdosado directo [$\Delta R_A = 9-2$]

Las prestaciones de estos trasdosados pueden mejorar si se emplean **bandas elásticas** en el apoyo de los perfiles, si se utilizan **paneles multicapa** en la cámara o un **sándwich acústico** compuesto por dos placas de yeso y una membrana plástica intermedia.

En una rehabilitación acústica, se podrían acometer las siguientes **actuaciones** en los elementos de separación verticales:

1. Trasdostar una fábrica por una sola cara con trasdosado directo o autoportante.



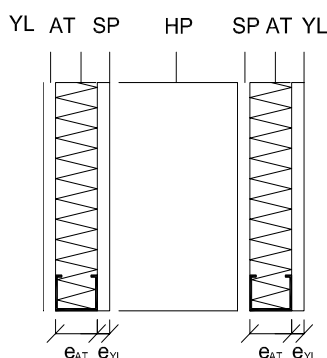
Ventajas

- Aumenta el aislamiento acústico entre recintos tanto en la vía directa como en las vías indirectas.
- Se puede usar cuando no es posible actuar sobre las dos caras del elemento de separación. Por ejemplo: En los elementos de separación entre la vivienda y las zonas comunes.

Inconvenientes

- Reducción de superficie útil en la unidad de uso de al menos 7 cm.
- Molestias a los usuarios por la obra.

2. Trasdostar la fábrica por ambas caras con un trasdosado directo o autoportante.



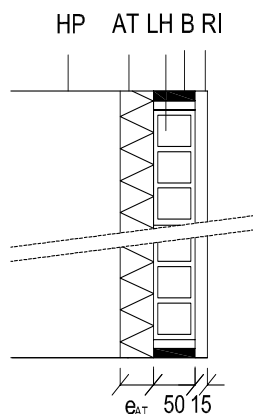
Ventajas

- Aumenta el aislamiento acústico entre recintos tanto en la vía directa como en las vías indirectas. Es una solución simétrica.
- Aumenta el aislamiento térmico y la carga en la estructura mínima.

Inconvenientes

- No es posible si la actuación se lleva a cabo en una sola vivienda.
- Reducción de superficie útil en la unidad de uso de al menos 7cm.
- Molestias a los usuarios por la obra.

3. Trasdostar la fábrica por una sola cara con un tabique de ladrillo hueco con bandas elásticas en el perímetro.



Ventajas

- Aumenta el aislamiento acústico entre recintos tanto en la vía directa como en las vías indirectas.
- Se puede usar cuando no es posible actuar sobre las dos caras del elemento de separación.

Inconvenientes

- Reducción de superficie útil en la unidad de uso de al menos 10 cm.
- Molestias a los usuarios por la obra

4. Inyectar un material absorbente acústico en la cámara.

Hay soluciones de dos hojas de fábrica en las que no existe material absorbente acústico en la cámara, en las que se puede inyectar algún material con buen coeficiente de absorción como puede ser el [poliuretano de celda abierta](#).



Ventajas

- Aumenta mínimamente el aislamiento acústico entre recintos en la vía directa.
- La carga en la estructura es mínima.
- No hay reducción de la superficie útil.
- Mínimas molestias a los usuarios.

Inconvenientes

- La mejora del aislamiento acústico es mínima es inferior a la conseguida con otras actuaciones.

5. Sustituir una partición por otro elemento de más aislamiento acústico.

Esta actuación sólo es posible si se trata de un elemento de separación no portante³. Se proponen dos tipos de particiones por su espesor y su escaso peso:

- Dos hojas de ladrillo hueco o gran formato de 7cm cada una, apoyadas sobre bandas elásticas y cámara de al menos 4cm de espesor rellena de un material absorbente acústico. Espesor total 20 cm. (Figura 6.4)
- Dos hojas de entramado autoportante formada cada una por dos placas de yeso laminado de al menos 12.5 mm, ancladas a una perfilera de 48 mm de espesor y lana mineral en la cámara. Espesor mínimo 16.7 cm. (Figura 6.5)



Figura 6.4. Partición 1



Figura 6.5. Partición 2

³ El término portante significa que es un elemento que está en la edificación para soportar cargas adicionales a las de su propio peso y transmitir las hacia la cimentación. (Vigas, columnas, muros estructurales)

Ventajas

- Esta actuación aumenta el aislamiento acústico entre recintos tanto en la vía directa como en las vías indirectas.
- Dependiendo de cómo sea la partición sustituida, se produce una mayor o menos pérdida de espacio libre en los recintos.

Inconvenientes

- Molestias a los usuarios por la obra, que dura más días con respecto a otras actuaciones.
- Se generan escombros.
- Coste elevado con respecto a otras alternativas.

Además, cuando el problema de aislamiento es el ruido provocado por el tránsito de público a través de una zona común, una de las actuaciones más indicadas es la [sustitución de la puerta de acceso](#) por una puerta con un índice de reducción acústica, R_A , mayor que 30 dBA. El aislamiento acústico in situ que se obtiene entre el recinto y la zona común ronda los 30 dBA, pero es la actuación indicada si el origen de las molestias es una zona muy transitada que comunica directamente con un recinto sensible.

UNIONES ENTRE LOS ELEMENTOS DE SEPARACIÓN VERTICALES Y LA FACHADA O TABIQUERÍA

El aislamiento acústico entre dos recintos depende de la unión entre el elemento de separación vertical y la tabiquería y fachada. En general, la recomendación es que la hoja exterior de la fachada se interrumpa, como en la figura 6.7, de tal forma que las transmisiones por flancos queden limitadas.



Figura 6.6. Detalle encuentro elemento de separación vertical con banda elástica.

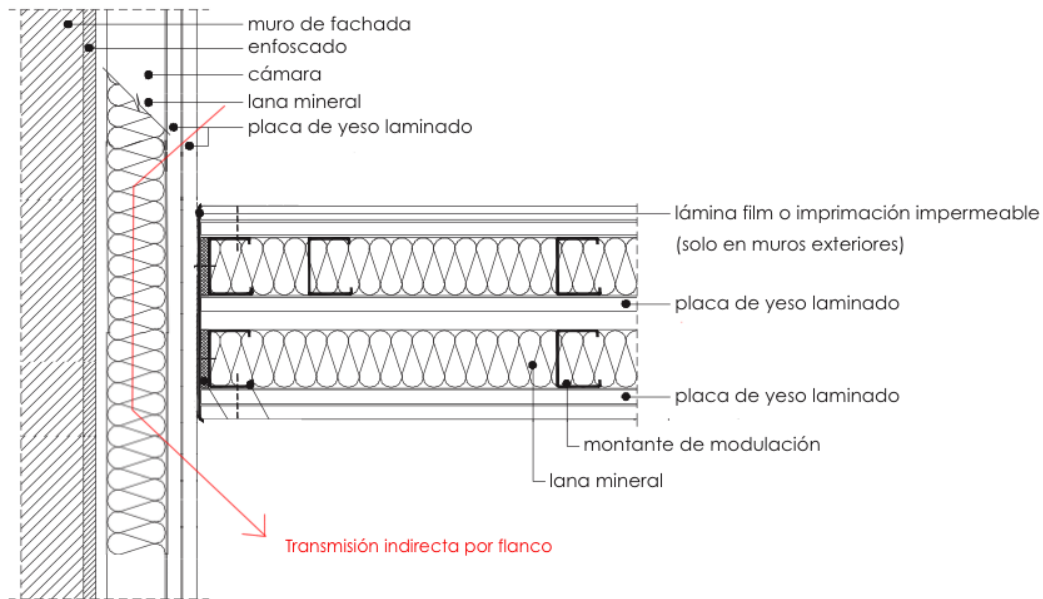


Figura 6.7. Detalle encuentro fachada y elemento de separación vertical . Transmisión indirecta a través de la hoja interior de la fachada

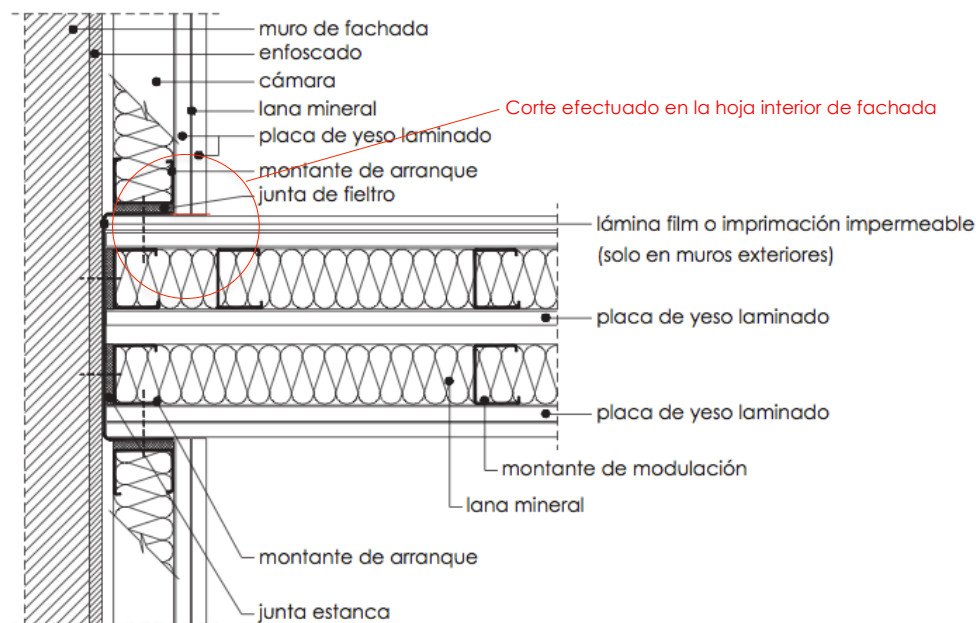
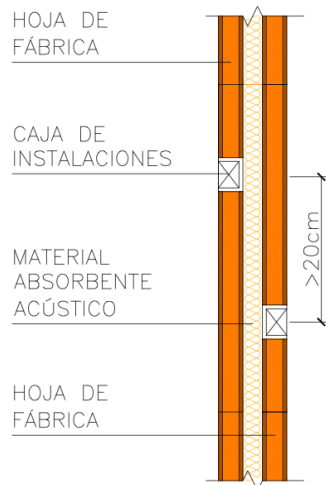


Figura 6.8. Detalle encuentro fachada y elemento de separación vertical. Hoja exterior fachada interrumpida.

En el caso de que el elemento de separación vertical se muera contra la hoja exterior de la fachada, es recomendable [cortar con una radial la arista de unión entre la hoja interior de la fachada y el elemento de separación vertical](#). De esta forma minimizaremos una transmisión indirecta por la vía de la fachada.

LAS INSTALACIONES Y LOS ELEMENTOS DE SEPARACIÓN VERTICALES

En general, cualquier trasdosado que se instale sobre una partición existente, conlleva algún trabajo de replanteo de las redes de instalaciones que estaban en los elementos constructivos iniciales (electricidad, teléfono, calefacción, etc.). Hay una serie de recomendaciones que deben seguirse en rehabilitaciones, así como en obra nueva, que son:



- Colocación de las cajas para mecanismos eléctricos no pasantes, si es posible, que no sean coincidentes a menos que entre ellas exista una placa de yeso o un elemento de fábrica interpuestos.

Si las cajas perforan alguna de las hojas, se recomienda que estén desplazadas al menos 20 cm. de tal forma que se de tal manera que no se disminuya el aislamiento acústico inicialmente previsto.

- El trazado independiente de redes de instalaciones en los recintos que se quiere aislar, es decir, es recomendable que las redes de instalaciones (saneamiento descolgado, climatización, etc.) no atraviesen los elementos de separación verticales en los que se está proyectando una mejora del aislamiento acústico.

6.2.1. MEJORAS OBTENIDAS AL ACTUAR EN LOS ESV

Usando la **herramienta oficial** del **DB HR** del CTE de predicción de aislamiento acústico, basada en la norma UNE EN 12354- 1,2 , se pretenden calcular las mejoras in situ en términos de incremento de aislamiento acústico ($D_{nT,A}$ final – $D_{nT,A}$ inicial) obtenidas al efectuar cada una de las diferentes actuaciones sobre los Elementos de Separación Vertical comentadas en el apartado anterior.

El denominado *método general de cálculo* incluido en el documento básico de protección frente a ruido se basa en el método simplificado desarrollado en el apartado 4.4 de la norma UNE-EN 12354-1. La herramienta publicada en la página oficial del código técnico implementa el método de cálculo detallado en el DB HR y ha sido validada por El Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja tanto a nivel de cálculo como con medidas experimentales.

PLANTEAMIENTO

Para los cálculos, se toma una pareja de **recintos adyacentes** con las **4 aristas coincidentes**, con elementos de flanco idénticos en ambas caras y ambos con un volumen de 30 m³. Las características sustanciales de los elementos constructivos involucrados se resumen en la tabla 6.2.

En cuanto a la elección de los elementos de flanco que intervienen en los cálculos, se ha considerado que la tipología tradicional más común son las soluciones de fábrica. Dentro de éstas, se ha tomado como elementos de flanco aquéllos más conservadores.

Se ha realizado un análisis del aislamiento acústico de los edificios con estructura horizontal de hormigón, que corresponde a edificios realizados con posterioridad a 1940.

Este análisis no tiene en cuenta algunas consideraciones muy importantes en el aislamiento final en obra. Se ha supuesto que no existen caminos de transmisión aéreos indirectos por conductos, falsos

techos, puertas o ventanas, que no existen transmisiones aéreas directas por conductos, rejillas, que no existen encuentros con patinillos o conductos de instalaciones y que la ejecución es correcta.

Los cálculos se han realizado sólo para recintos protegidos, es decir, salones, comedores o dormitorios. Se han tomado las dimensiones medias de un dormitorio doble. (Véase figura 6.9)

No se han considerado recintos habitables, como baños, cocinas y pasillos, ya que son zonas menos sensibles y tienen menor exigencia acústica, además de que por sus dimensiones reducidas es difícil intervenir en ellos.

Tabla 6.2. Datos de entrada de la Herramienta Oficial DB HR - ESV

Datos de entrada ESV y flancos					
	Elemento estructural básico	Dimensiones	M' (Kg/m²)	R _A (dBA)	Tipo de unión
ESV	P1.1 ⁴ Enl 15 +LHD 70 +Enl 15	4 x 2.5	89	36	
	P1.3 ⁴ Enl 15 +LHD 115 +Enl 15		127	40	
	P2.1 ⁴ Enl 15 +LHD 70+AT 30+LHD70 +Enl 15		130	44	
	P1.4 ⁴ Enl 15 +LP 115+Enl 15		150	42	
	P1.5 ⁴ Enl 15 +LP 240 +Enl 15		284	49	
F1 Suelo	Forjado unidireccional de bovedilla de hormigón ⁴	4 x 3	332	53	Cruz Rígida
F2 Techo	Forjado unidireccional de bovedilla de hormigón ⁴	4 x 3	332	53	Cruz Rígida
F3 Fachada	Fachada de dos hojas 1/2 pié de ladrillo perforado, 115mm, trasdosado de LH de 40 mm ⁵	3 x 2.5	259	47	T Rígida
F4 Tabique Interior	Ladrillo hueco sencillo de 40 mm ⁵	3 x 2.5	69	32	Cruz elástica

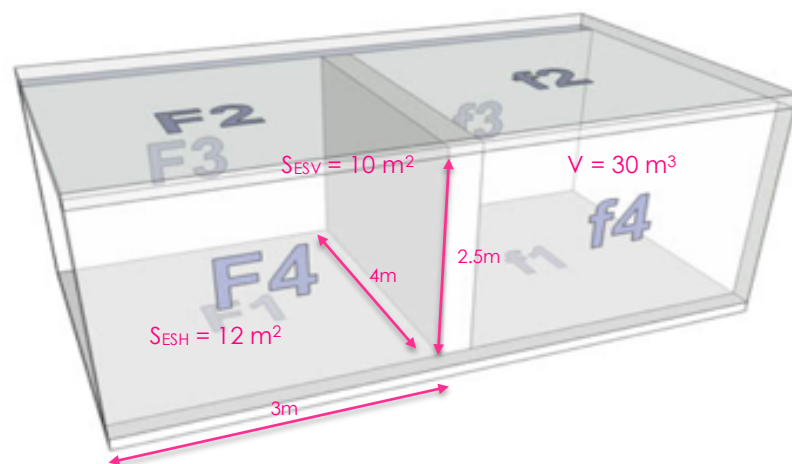


Figura 6.9. Medidas recintos adyacentes 4 aristas comunes.

⁴ Datos obtenidos del Catálogo de Elementos Constructivos

⁵ Datos obtenidos del Anexo 3 de la norma NBE - CA 88

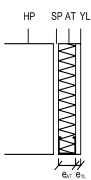
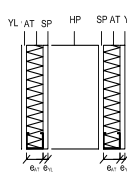
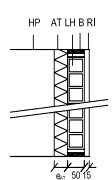
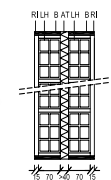
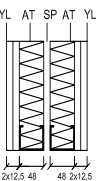
La **tabla 6.4** muestra el resumen de las mejoras obtenidas en cada caso, en términos de incremento de aislamiento acústico $D_{nT,A}$, modificando las características de los ESV.

En la columna bajo el término **pared base**, se recogen una serie de elementos de separación verticales tradicionales y muy comunes en los edificios existentes. Estos elementos están caracterizados mediante su índice de reducción acústica, R_A (valor de laboratorio), y el valor de diferencia de niveles estandarizada ponderada A, $D_{nT,A}$ (valor in situ), que puede obtenerse en un edificio con forjados de bovedilla de hormigón.

En la primera fila, aparecen enumeradas las diferentes actuaciones que pueden darse:

- **Actuación 1.** Instalación de un trasdosado autoportante formado por una placa de yeso laminado anclada a una perfilera de 48 mm por una cara y cámara rellena de lana mineral, espesor 40 mm.
- **Actuación 2.** Instalación de dos trasdosados autoportantes formados por una placa de yeso laminado anclada a una perfilera de 48 mm por ambas caras y cámaras rellenas de lana mineral, espesor 40 mm.
- **Actuación 3.** Trasdoso a una cara con un ladrillo hueco de 5 cm, con bandas elásticas en su perímetro de 1 cm de espesor de poliestireno elastificado, EEPS, y cámara de 40 mm rellena de lana mineral.
- **Actuación 4.** Sustitución de la partición existente por una solución de dos hoja de ladrillo hueco doble de 70 mm de espesor como mínimo, apoyadas sobre bandas elásticas y separadas por una cámara de 40 mm rellena de lana mineral.
- **Actuación 5.** Sustitución de la partición existente por una solución de dos hojas de entramado autoportante, formada por una doble estructura metálica de 48 mm, a la que se anclan dos placas de yeso laminado 12,5 mm de espesor cada una. Las dos cámaras están rellenas de lana mineral.

Tabla 6.3. Actuaciones de rehabilitación en los ESV

Actuaciones en los ESV- Trasdosados y sustituciones					
	1	2	3	4	5
Tipo de Actuación					
Código CEC	TR1	TR1 + TR1	TR3	P3.1	P4.6.a
M' (Kg/m²)				148	45
ΔR_A (dBA) R_A (dBA)	16	16 + 16	16	53	55

Los valores de esta tabla deben tomarse de forma orientativa ya que el aislamiento acústico entre recintos depende de otros factores, como son los elementos de flancos, sus uniones y la ejecución de cada una de las soluciones.

Cuando se indica un rango de aislamiento acústico, el valor inferior corresponde a valores de aislamiento obtenidos cuando no se ha modificado la unión, y el valor mayor corresponde al valor de aislamiento cuando se ha producido una pequeña intervención en la fachada o en la forma de unión de tabiques con el elemento de separación vertical. En ningún caso se ha tenido en cuenta el efecto del suelo flotante.

Los números bajo el campo **Mejoras obtenidas in situ** según el tipo de actuación expresan la mejora de las prestaciones finales de los edificios ($D_{nT,A}$ final – $D_{nT,A}$ inicial). En colores, pueden verse las prestaciones finales obtenidas en relación con las exigencias establecidas en el DB HR. Estos colores no tienen la intención de expresar la calidad subjetiva del aislamiento, sino el grado de acercamiento al cumplimiento de las exigencias.

Como puede observarse en la tabla, las actuaciones propuestas mejoran sensiblemente el aislamiento acústico de los edificios existentes hasta niveles próximos a los del DB HR.

LEYENDA PARTICIONES:

HP: Hoja Principal

LP: Ladrillo perforado

LHD: Ladrillo hueco doble, 70 mm

LHT: ladrillo hueco triple, 115 mm

B: Banda elástica

SP: Separación de 10mm

AT: Aislante

RI: Revestimiento Interior

YL: Placa de yeso laminado

LEYENDA aislamiento acústico a ruido aéreo obtenido in situ, $D_{nT,A}$, (dBA)

	≥ 50
	45-49
	40-45
	<40

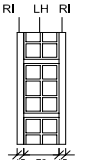
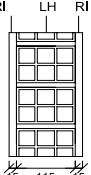
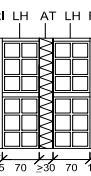
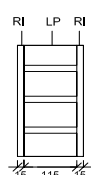
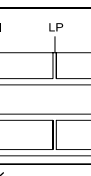
(1) Valores mínimos del CEC

(2) Valores Kij Hispalyt

(3) Valores sustituyendo la tabiquería interior existente y la hoja interior de fachada de fábrica por otra de entramado autoportante

NP: No procede. Generalmente estas soluciones suelen ser muros portantes, por lo tanto, la sustitución de las mismas está descartada.

Tabla 6.4. Mejoras obtenidas in situ ($D_{nT,A}$ final – $D_{nT,A}$ inicial) según el tipo de actuación sobre el ESV

AISLAMIENTO ACÚSTICO A RUIDO AÉREO - ESV												
Estimación de las mejoras obtenidas in situ según el tipo de actuación - UNE EN 12354												
PARED BASE			TIPO DE ACTUACIÓN									
Descripción	Estado Inicial		1		2		3		4		5	
	R_A (1)	$D_{nT,A}$	$D_{nT,A}$	$\Delta D_{nT,A}$	$D_{nT,A}$	$\Delta D_{nT,A}$	$D_{nT,A}$	$\Delta D_{nT,A}$	$D_{nT,A}$	$\Delta D_{nT,A}$	$D_{nT,A}$	$\Delta D_{nT,A}$
 LHD	36	34	41	7	44	10	46-50 (2)	12-16	46-48 (2)	12-14	47-51 (3)	13-17
 LHT	40	38	43	5	46	8	44-53 (2)	6-15	46-53 (2)	8-15	47-51 (3)	9-13
 2 x LHD	44	40	44	4	47	7	NP		46-50 (2)	6-10	43-47 (3)	3-7
 1/2 PIE	42	39	44	5	48	9	47-54 (2)	8-15	NP		NP	
 1 PIE	49	46	49	3	55	6	NP		NP		NP	

6.2.2. ACTUACIONES EN ELEMENTOS DE SEPARACIÓN HORIZONTAL

Los elementos de separación horizontal deben proveer suficiente aislamiento acústico a ruido aéreo y a ruido de impactos entre unidades de uso.

En [edificios existentes anteriores a 1940](#)¹ es común encontrar **forjados de madera**. No existen datos sobre las prestaciones de forjados de madera en España, pero sí se puede decir que su aislamiento acústico a ruido aéreo depende de las capas de relleno que tengan. Es común encontrar que el entrevigado está relleno con yesones y que previo a la colocación del pavimento se ha colocado una o varias camas de arena y mortero de agarre, lo que confiere una mayor masa y por tanto, más aislamiento acústico. Además, la existencia de un falso techo de escayola o cañizo también influye positivamente en su aislamiento acústico.

En el caso de los **forjados de hormigón**, su aislamiento acústico a ruido aéreo depende fundamentalmente de su masa. De tal forma, que a menos que se trate de un forjado muy ligero, por ejemplo, un forjado de menos de 200 - 250 kg/m², el aislamiento a ruido aéreo no es el principal problema.

El **problema** de los forjados en la edificación española es su aislamiento acústico a **ruido de impactos**, que suele ser deficiente. La forma de actuar ante los ruidos de impacto consiste en interponer un material aislante elástico con el objeto de que la energía del impacto se transforme en una deformación elástica del material en vez de en energía sonora. El mejor modo de resolverlo es:

- Colocar sobre la cara superior del forjado un elemento elástico flexible, como una moqueta, revestimiento de caucho, linóleo, etc. lo cual reduce la energía transmitida al forjado. Esta medida no mejora el aislamiento acústico a ruido aéreo, pero es eficiente al aumentar el aislamiento a ruido de impactos.
- Colocar una lámina elástica intermedia entre el pavimento o recreado y la estructura horizontal del edificio, con lo que se provoca una discontinuidad perpendicular a la dirección del recorrido de las ondas de vibración y por tanto se transmite una menor energía al recinto colindante.

Cuando se trata de pequeñas reformas en una vivienda dentro de un bloque, estas actuaciones suelen ser inviables, pues implica actuar en el suelo de la vivienda del piso superior.

Independientemente de la problemática del ruido de impactos, pueden efectuarse estas dos **actuaciones** en los elementos de separación horizontales:

1. Instalación de un suelo flotante

- **Sobre el solado existente.**

Esta actuación disminuye la altura libre existente por lo que a veces será inviable. Cada vez que se instala un suelo flotante sobre un pavimento existente se suelen producir escalones y discontinuidades en el suelo que dificultan la accesibilidad entre aquellas estancias. Además implica rebajar las puertas y jambas.

¹ Prácticamente el 70% de los edificios del barrio de Lavapiés fue construido con anterioridad a 1920.

Dependiendo de qué tipo de suelo flotante se instale, se produce una sobrecarga de la estructura que debería tenerse en cuenta en estructuras existentes. Por otro lado, una de las ventajas de este tipo de actuación es que no genera escombros.

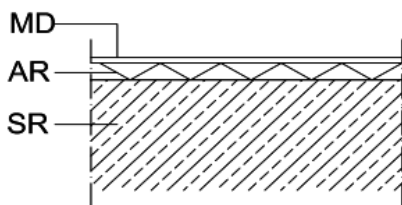
■ Sustituyendo el solado existente por un suelo flotante.

La ventaja de esta actuación es que no se modifica la altura libre de los recintos. Consiste en levantar las capas de arena y/o mortero que sirven de soporte del pavimento para colocar en el mismo espesor una lámina antiimpacto. En estos casos, hay que vigilar la disposición de la lámina y las instalaciones que puedan ir empotradas en el suelo, generalmente tuberías de calefacción, para que no se produzca la conexión entre el forjado y el suelo flotante.

La desventaja es que se generan escombros y trastornos a los ocupantes por la obra.

Por **suelo flotante** se entienden las soluciones siguientes:

- **Tarima flotante**, compuesta generalmente por un laminado de madera y un material elástico, como por ejemplo, el PE.



MD: Tablero de madera
AR: Material aislante ruido de impactos
SR: Forjado

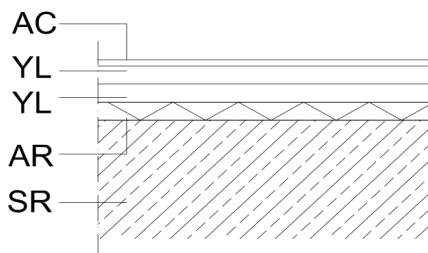
Ventajas:

- Reduce el nivel de presión de ruido de impactos
- Es una solución muy económica
- Es una solución seca, fácil de instalar, normalmente en su instalación no se generan escombros.
- No incrementa la carga de la estructura por su ligereza.

Inconvenientes:

- No mejora el aislamiento a ruido aéreo.
- Reduce la altura libre, mínimamente, 13 mm como mínimo.

- **Solera seca**, compuesta por dos o más placas de yeso laminado solapadas y pegadas entre sí, dispuestas sobre un material aislante a ruido de impactos como lana mineral o poliestireno expandido elastificado.



AC: Acabado del suelo
YL: Yeso Laminado
AR: Material aislante ruido de impactos
SR: Forjado

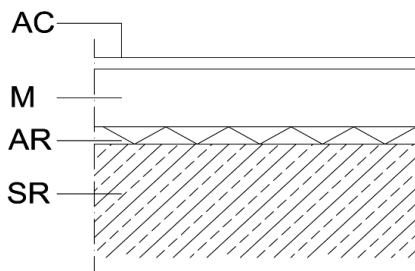
Ventajas:

- Reduce el nivel de presión de ruido de impactos.
- Mejora mínimamente el aislamiento a ruido aéreo.
- Es una solución seca. Su instalación es rápida, sin tiempos de secado.
- No incrementa la carga de la estructura por su ligereza, siendo interesante para la rehabilitación de estructuras de madera.
- Mejora el aislamiento térmico.

Inconvenientes:

- Su espesor es de 4 cm más el espesor del pavimento que se pega encima, por lo que si se instala sobre un suelo existente, se reduce la altura libre en esta medida.

- **Suelo flotante de mortero**, compuesto por una capa de mortero de al menos 50 mm, dispuesta sobre un material aislante a ruido de impactos, como la lana mineral, el polietileno o el poliestireno expandido elastificado.



AC: Acabado del suelo
M: Mortero
AR: Material aislante ruido de impactos
SR: Forjado

Ventajas:

- De las tres soluciones mostradas, ésta es la que mayor aislamiento acústico a ruido aéreo y a ruido de impactos produce.
- Mejora el aislamiento térmico.

Inconvenientes:

- Reduce la altura libre, en 55-60 mm más el espesor del pavimento como mínimo.
- Incrementa la carga de la estructura en 0,8-1 kN/m².
- Es la más costosa de las tres opciones.

2. Actuar en el techo del recinto colindante.

Esta actuación está indicada si el problema es el ruido aéreo entre dos recintos, ya que a pesar de que la instalación de un falso techo reduce los niveles de ruido de impactos, afecta más al aislamiento a ruido aéreo.

Además de producir un incremento de alrededor de 10 o 15 dBA en el aislamiento a ruido aéreo en la vía directa, se produce un incremento del aislamiento en la vía indirecta, que puede observarse en el aumento de aislamiento de las particiones de los recintos colindantes.

Por otro lado, la colocación de un falso techo produce la disminución de la altura libre de los recintos en aproximadamente 10 cm, y cambios en la colocación de los puntos de luz de los recintos y cajas de registro eléctricas, lo que en determinadas ocasiones puede hacer inviable su ejecución.

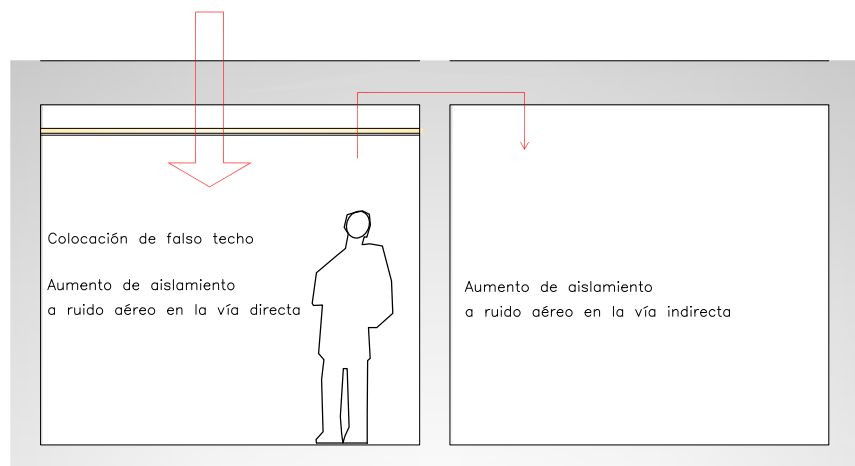
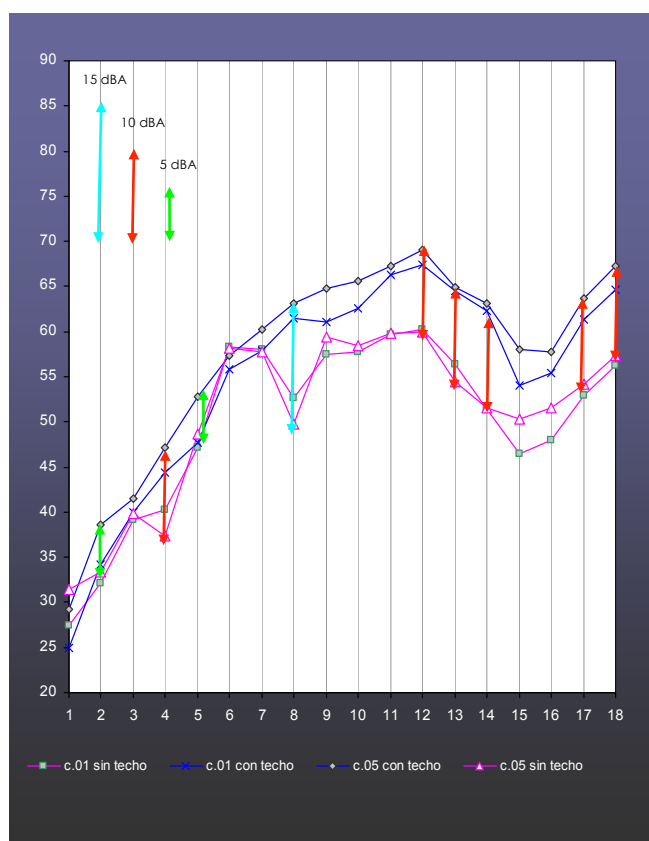


Figura 6.10. incidencia del falso techo en la vía indirecta



La figura 6.11 muestra la diferencia de niveles estandarizada $D_{nT,A}$ de aislamiento a ruido aéreo por tercios de octava, para distintas unidades de uso con y sin falso techo. La colocación de un falso techo se traduce en un aumento del aislamiento a ruido aéreo de unos 10-15 dB(A).

En baja frecuencia la mejora es menos significativa y varía entre 5 y 10 dB(A).

Figura 6.11. Diferencia de niveles estandarizada ponderada A, con y sin techo acústico

6.2.3. MEJORAS OBTENIDAS AL ACTUAR EN LOS ESH

PLANTEAMIENTO

Para los cálculos, se toma una pareja de **recintos superpuestos** con las **4 aristas coincidentes**, con elementos de flanco idénticos en ambas caras y ambos con un volumen de 30 m³. Las características sustanciales de los elementos constructivos involucrados se resumen en la tabla 6.5.

Tabla 6.5. Datos de entrada Herramienta Oficial DB HR -ESH

Datos de entrada ESH y flancos				
	Elemento estructural básico	Dimensiones	M' (Kg/m ²)	D _{nT,A} (dBA) L' _{nT,A} (dBA)
ESH	Forjado hormigón ó Elemento Constructivo	4 X 3	200 - 450	<40 - ≥ 50 >75 - 71
				R_A (dBA) Tipo de Unión
F1 Fachada	Fachada de dos hojas 1/2 pié de ladrillo perforado, 115mm, trasdosado de LH de 40 mm	3 x 2.5	259	47 T Rígida
F2 Tabique Interior	Ladrillo hueco sencillo de 40 mm	3 x 2.5	69	32 Cruz
F3 Tabique Interior	Ladrillo hueco sencillo de 40 mm	4 x 2.5	69	32 Cruz
F4 Tabique Interior	Ladrillo hueco sencillo de 40 mm	4 x 2.5	69	32 Cruz

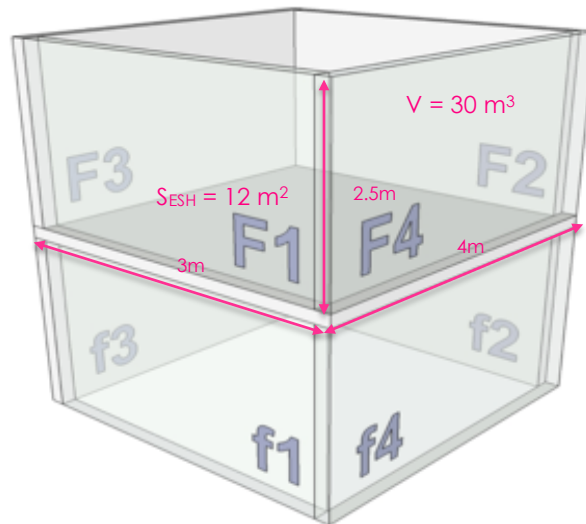


Figura 6.12. Medidas recintos adyacente verticalmente 4 aristas comunes.

La **tabla 6.6** muestra el nivel de aislamiento acústico a ruido aéreo, $D_{nT,A}$, y a ruido de impactos, $L'_{nT,w}$ obtenidas al efectuar cada una de las diferentes actuaciones comentadas en el apartado anterior sobre forjados de hormigón.

En la columna “Estado inicial Forjado”, aparece el intervalo de masas de forjados y las prestaciones in situ de los mismos en colores. Se ha indicado la prestación final mediante un rango puesto que las prestaciones in situ de los forjados pueden variar según el tipo de elementos constructivos de flanco, disposición de recintos, ejecución y uniones.

Hay que mencionar que la columna estado inicial no sólo hace referencia a forjados homogéneos, sino también a elementos constructivos homogéneos. Una de las intervenciones habituales es la instalación de suelos flotantes encima de un solado o de un recrecido existente. En estos casos, para utilizar la tabla, se debe estimar el peso del forjado y el de las capas de mortero, arena, solado, etc. que se han instalado encima. Por el contrario, si se prevé la demolición de todas las capas de relleno para instalar el suelo sobre el forjado, entonces el valor de entrada de la tabla es el de la masa del forjado únicamente.

En la columna “actuaciones” aparecen las intervenciones a las que se ha hecho referencia en el apartado anterior:

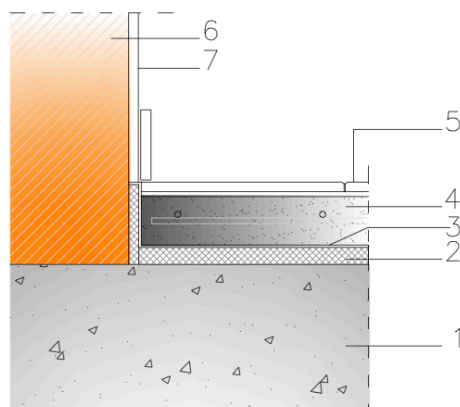
- **Actuación 1:** Instalación de suelo flotante de mortero y a su vez, instalación de un falso techo.
- **Actuación 2:** Instalación de una solera seca y a su vez, instalación de un falso techo.
- **Actuación 3:** Instalación de una tarima y a su vez, instalación de un falso techo.

Bajo cada columna aparecen los valores estimados de aislamiento a ruido aéreo y de impactos, $D_{nT,A}$ y $L'_{nT,w}$. Estos valores deben tomarse de forma orientativa ya que el aislamiento acústico entre recintos depende de otros factores, como son los elementos de flancos, sus uniones y la ejecución de cada una de las soluciones.

En colores puede verse cuál es el grado de mejora en relación a las exigencias establecidas en el DB HR. Estos colores no tienen la intención de expresar la calidad subjetiva del aislamiento, sino el grado de acercamiento al cumplimiento de las exigencias del DB HR.

De esta tabla se desprende que:

- La mejor manera de actuar frente al ruido de impactos es la colocación de láminas antiimpacto debajo del pavimento. Los niveles obtenidos permiten en la mayoría de los casos la superación de los niveles de aislamiento acústico a ruido de impactos del DB HR.
- Por otro lado, los niveles de aislamiento acústico a ruido aéreo en forjados de hormigón existentes pueden estar por debajo de lo exigido, dependiendo de las características de los forjados, la posibilidad de añadir recrecidos o techos, etc. Los niveles de aislamiento acústico exigidos en el DB HR pueden alcanzarse si se emplean suelos flotantes más aislantes, como son los de mortero.
- La superación de ambos niveles está condicionada a la buena ejecución de los suelos flotantes y a la correcta resolución de todos los encuentros del suelo con paramentos y pilares. Véase figura 6.13



1. Forjado
2. Lámina antiimpacto
3. Barrera impermeable (si la lámina aislante a ruido de impactos no es impermeable, por ejemplo: lana mineral)
4. Capa de mortero de al menos 50 mm de espesor. Se recomienda incluir un mallazo de reparto (por ejemplo, $\varnothing 6,15 \times 1,5$ cm) en la capa de mortero.
5. Solado
6. Tabique, elemento de separación vertical, pilar, etc.
7. Enlucido de yeso

Figura 6.13. Detalle encuentro de un suelo flotante con los paramentos y pilares

LEYENDA $D_{nT,A}$, (dBA)

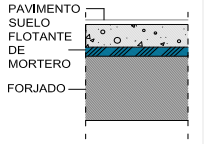
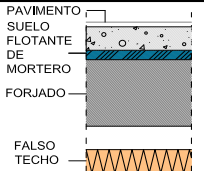
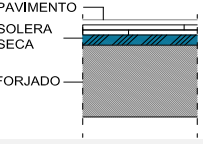
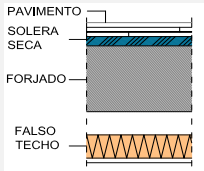
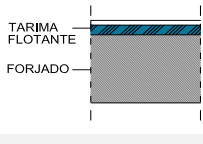
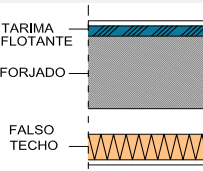
	≥ 50
	45-49
	40-45
	<40

LEYENDA $L'_{nT,w}$, (dB)

	≤ 65
	70-66
	75-71
	>75

- (1) Valores de $L'_{nT,w}$ si se instala una tarima sobre una lana mineral de 30 mm
- (2) Valores obtenidos con una solera seca con una ΔL_w de al menos 20 dB
- (3) Valores obtenidos con un suelo flotante con una mejora $\Delta R_A = 6$ dBA, como por ejemplo, un suelo flotante formado por una capa de 5 cm.
- (4) Se verifican estos valores siempre que el suelo flotante que se instale tenga un $\Delta R_A \geq 9$ dBA
- (5) Se verifican estos valores siempre que el suelo flotante que se instale tenga un $\Delta R_A \geq 5$ dBA
- (6) Valor de $L'_{nT,w}$ obtenido si se instala una tarima con un $\Delta L_w \geq 15$ dB
- (7) Valor de $D_{nT,A}$ obtenido si se instala un suelo flotante con un $\Delta R_A \geq 5$ dBA, como por ejemplo, un suelo flotante de lana mineral o de poliestireno elastificado.
- (8) Valor de $L'_{nT,w}$ obtenido si se instala una tarima con un $\Delta L_w \geq 15$ dB
- (9) Valor de $D_{nT,A}$ obtenido si se instala un falso techo con lana mineral en la cámara

Tabla 6.6. Mejoras obtenidas in situ ($D_{nT,A}$ final – $D_{nT,A}$ inicial) según el tipo de actuación sobre el ESV

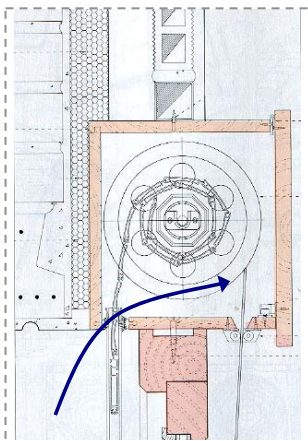
AISLAMIENTO ACÚSTICO A RUIDO AÉREO Y DE IMPACTOS - ESH														
Mejoras obtenidas in situ según el tipo de actuación														
FORJADO BASE			TIPO DE ACTUACIÓN											
			1				2				3			
			Suelo Flotante Mortero				Solera Seca				Tarima			
														
Intervalo Masas	Estado Inicial		SFM		SFM + Techo		Solera Seca		SS + Techo		Tarima		Tarima + Techo	
			$D_{nT,A}$	$L'_{nT,w}$	$D_{nT,A}$	$L'_{nT,w}$	$D_{nT,A}$	$L'_{nT,w}$	$D_{nT,A}$	$L'_{nT,w}$	$D_{nT,A}$	$L'_{nT,w}$	$D_{nT,A}$	$L'_{nT,w}$
200 - 225			44	70 ₍₃₎ - 65	45 - 50	≤65	41 - 43	67 - 65 ₍₂₎	45 - 50	≤65	40	71 - 75 [65 ₍₁₎]	45 - 50	70 - 65 ₍₁₎
225 - 250			46	66 ₍₃₎ - ≤65	≥50 ₍₄₎	≤65	44 - 45	≤65	45 - 50	≤65	43 - 45	67 - 71 [65 ₍₁₎]	45 - 50	≤65
250 - 275			46-47	≤65	≥50 ₍₅₎	≤65	45	≤65	45 - 50	≤65	44 - 45	67 - 71 [65 ₍₁₎]	45 - 50	≤65
300 - 325			46-48	≤65	≥50	≤65	45 - 46	≤65	45 - 50 ₍₉₎	≤65	45	70 ₍₆₎ - 65	45 - 50	≤65
325 - 350			48-49	≤65	≥50	≤65	46 - 47	≤65	≥50	≤65	46 - 47	70 - 65	≥50	≤65
350 - 375			49-50 ₍₇₎	≤65	≥50	≤65	48 - 49	≤65	≥50	≤65	48	67 ₍₈₎ - 65	≥50	≤65
400 - 425			≥50	≤65	≥50	≤65	49 - 50	≤65	≥50	≤65	49	≤65	≥50	≤65
425 - 450			≥50	≤65	≥50	≤65	49 - 50	≤65	≥50	≤65	50	≤65	≥50	≤65

6.2.4. ACTUACIONES EN FACHADAS

En proyectos de aislamiento acústico el elemento más débil acústicamente es el que marcará el aislamiento final de la solución. En una fachada el aislamiento estará muy influido por las ventanas y capialzados, que por lo general, tienen índices de reducción acústica menores que el muro de fachada.

El aislamiento acústico de la **ventana** depende del espesor de los vidrios y de aspectos que mejoran el grado de estanquidad de la misma, tales como la existencia de juntas de estanquidad en el marco, sellados de silicona en los vidrios y los puntos de cierre en la misma, etc. Cuanto mas estanca es la ventana, mayor es su aislamiento acústico y por tanto, menos infiltraciones de aire se ocasionan en los edificios.

El **problema** de las **ventanas antiguas** es su **falta de estanquidad** debido a factores como la falta de sellado, holguras existentes entre la carpintería y el muro de fachada y deformaciones producidas por el uso, así que toda actuación conducente a mejorar la estanquidad, supone una mejora en las prestaciones acústicas de las ventanas.



En el caso de las **cajas de persiana**, que son el sistema de sombreado más extendido en nuestro país, el principal problema es que son un **punto de penetración de aire y ruido** en el edificio, **cuando se instalan en la hoja interior de la fachada**.

Entre todas las actuaciones, la más eficiente es la **sustitución de las ventanas** y capialzados por ventanas prefabricadas con vidrios dobles y capialzado monobloque. El espesor de los vidrios se determinará en función de las necesidades térmicas y acústicas. Se recomiendan los vidrios con cámara de 12 mm y vidrios con espesores distintos en cada hoja o incluso, con alguna de las hojas formada por un vidrio laminado.

Figura 6.14. Sección tipo de capialzado montado en la hoja interior de la fachada. En azul, la principal vía de penetración del sonido a través de los capialzados

En edificios con alguna **protección patrimonial**, las ventanas pueden estar protegidas, en tales casos, hay algunas actuaciones que permiten mejorar su comportamiento acústico, tales como la sustitución de los vidrios por vidrios dobles o vidrios laminados y el sellado de los mismos con silicona por el interior y por el exterior. El problema de estas actuaciones es que es difícil a priori cuantificar la mejora acústica producida, si no es tras una medición después de la intervención.

En el caso de zonas muy contaminadas acústicamente, puede valorarse la sustitución de la ventana por otra más estanca junto con la sustitución del capialzado por otro sistema que no afecte al aislamiento acústico, tales como lamas, persianas venecianas exteriores, las mallorquinas, etc. o incluso, la instalación de una segunda ventana.

De todos los elementos constructivos, el caso de las ventanas es en el que se demuestra de forma más notable que una ejecución cuidadosa es crucial para asegurar las prestaciones acústicas en los edificios. Las holguras entre la ventana y el muro de fachada deben rellenarse con espuma y el perímetro debe sellarse con masilla. Si la unión entre la ventana y el precerco instalado no se ejecuta bien, las prestaciones de la ventana serán mucho menores.

A menos que la fachada sea ligera (paneles sándwich, madera, hojas cerámicas ligeras, etc.) y esté situada en una zona muy contaminada acústicamente ($L_d > 70$ dB), las actuaciones en el muro de

fachada no conducen a un aumento significativo del aislamiento acústico. Sin embargo, si que son frecuentes las actuaciones en fachada para aumentar el aislamiento térmico y en este caso, deben mencionarse algunas sinergias que se producen cuando se aumenta el aislamiento térmico de una fachada.

Para aislar térmicamente una fachada, pueden efectuarse estas operaciones:

1. **Aislar por el exterior, utilizando un sistema ETICS (External Thermal Insulation Composite System)**, que es muy común en rehabilitación. La principal ventaja de este sistema es que toda la envolvente del edificio queda aislada, eliminando los puentes térmicos y protegiendo la estructura del cerramiento de la variación de temperaturas exterior e interior, sin reducir la superficie útil del edificio o vivienda y causando mínimas molestias a los usuarios.

Los primeros sistemas ETICS en el mercado utilizaban el poliestireno expandido como material aislante, posteriormente pueden encontrarse sistemas con lana mineral, cuyas prestaciones acústicas son superiores. Los sistemas ETICS que contribuyen a aumentar el aislamiento acústico de los muros de fachada son aquellos en los que se emplea la **lana mineral** o el **poliestireno expandido elastificado**. El resto de aislantes térmicos no mejoran apenas el aislamiento acústico, y los más habituales pueden empeorar las propiedades acústicas de la fachada original, debido a la coincidencia de las frecuencias de resonancia entre el revestimiento de mortero exterior aplicado sobre el aislante y la pared sobre la que se aplica.

En general, el aumento del índice de reducción acústica del muro de fachada al emplear un sistema ETICS es generalmente de **4 ó 5 dBA** como mucho.

2. **Aislar la cámara inyectando un material aislante en la misma.**

Esta medida sólo puede emplearse si se trata de una fachada de dos hojas de fábrica con una cámara en la que no existe un aislante térmico. Tiene como ventaja su sencillez, ya que causa mínimas molestias a los usuarios, y el principal inconveniente que tiene, es que no se aíslan los puentes térmicos.

Si el aislante que se inyecta en la cámara es absorbente acústico puede haber una mejora mínima de **2 ó 3 dBA** en el aislamiento acústico del muro de fachada, de lo contrario, esa mejora es despreciable.

3. **Aislar por el interior, utilizando un trasdosado de placa de yeso laminado o de ladrillo hueco sobre bandas elásticas.**

Esta solución es empleada en edificios donde la **fachada** es **protegida** y por lo tanto, la instalación de un sistema ETICS es inviable. El principal inconveniente de esta solución es que se reduce la superficie interior de la vivienda en al menos 6 cm y que conlleva molestias a los usuarios, que probablemente, tienen que abandonar su vivienda.

Siempre que se utilice un material absorbente acústico en la cámara, se puede hablar de una mejora significativa en el aislamiento acústico del muro de fachada, siendo ésta la solución que debe emplearse en los edificios más expuestos a la contaminación acústica y cuya fachada sea ligera.

En concreto, según el Catálogo de Elementos Constructivos del CTE, la mejora del índice de reducción acústica, **ΔR_a** , de un trasdosado autoportante formado por una o varias placas de yeso laminado ancladas a una perfilera autoportante y con una cámara rellena de lana mineral instalado sobre un muro de medio pie de ladrillo perforado es de **14 dBA**.

De estas tres operaciones, debe decirse que no conducen a una mejora en el aislamiento acústico, a menos que se cambien las ventanas por unas de mayor calidad.

Otro de los temas que aparece en el CTE y que afecta al aislamiento acústico de los edificios, son las exigencias de calidad del aire interior establecidas en el DB HS-3, que regula los caudales de ventilación mínimos para viviendas. Debe recordarse que siempre que se hable de **ventilación y de aislamiento acústico** hay que llegar a un **compromiso**, pues ambos aspectos son contrapuestos.

Las formas más sencillas de garantizar los caudales de admisión en un edificio y que sean compatibles con la protección frente al ruido son:

- **Utilizar ventanas con aireadores**, que tengan aislamiento acústico o al menos, aireadores que en posición cerrada no menoscaben las condiciones acústicas de las ventanas.
- **Utilizar ventanas con microventilación**, que son ventanas con un dispositivo fijo de abertura que permite la entrada de aire. Esta solución es la más empleada en obra nueva en la actualidad porque es muy sencilla y económica. Las ventanas con dispositivo de microventilación en posición cerrada tienen un aislamiento acústico idéntico a las ventanas convencionales. En posición abierta su aislamiento acústico disminuye 10-11 dBA.

AISLAMIENTO VERTICAL DE FACHADAS

Es importante tener en cuenta la influencia que tiene la situación y/o altura de un edificio, sobre sus necesidades de aislamiento acústico en fachada. Se parte de una situación inicial en la que se tiene un edificio de 8 plantas sito en un lugar sin muchas reflexiones (frente a un parque o edificio de baja altura) y en una vía con alta densidad de tráfico cuyo L_d se encuentra en torno a 67 dB.

Realizando una simulación se obtiene el impacto acústico de esa vía sobre el edificio, y los niveles de ruido recibidos en cada una de las plantas del mismo obteniendo:

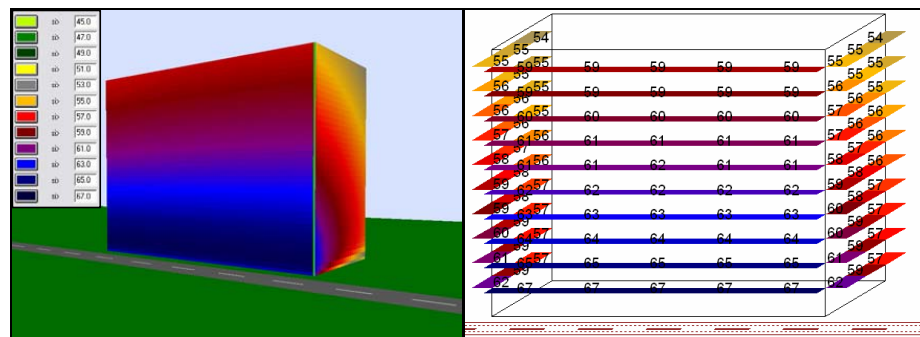


Figura 6.15. Vista 3D isométrica obtenida mediante simulación

Se puede observar que las diferencias de nivel obtenidas entre la primera y la última planta son hasta de 8 dB, permitiéndonos así elegir un vidrio de menor aislamiento acústico, lo que se traduce en reducción global de costes en el edificio.

Del mismo modo se pueden elegir composiciones más económicas para las fachadas orientadas hacia **patios de manzana cerrada** o **patios interiores**¹ debido a que los requisitos de aislamiento acústico de estas zonas son menores, siempre sin perder de vista el marco legal.

¹ Cuando se prevea que algunas fachadas, tales como fachadas de patios de manzana cerrados o patios interiores, así como fachadas exteriores en zonas o entornos tranquilos, no van a estar expuestas directamente al ruido de automóviles, aeronaves, de actividades industriales, comerciales o deportivas, se considerará un índice de ruido día, L_d , 10 dBA menor que el índice de ruido día de la zona. No se aplicará la reducción de 10 dB si el edificio se encuentra en una zona con ruido exterior dominante de aeronaves, ya que éste es un ruido que afecta por igual a todo el edificio (Apartado 2.1.1 DB HR)

6.2.5. ACTUACIONES EN CUBIERTAS

Sólo tiene sentido hablar de rehabilitación acústica en cubiertas abuhardilladas, con lucernarios o cubiertas ligeras situadas en lugares muy expuestos al ruido, como por ejemplo, la huella del aeropuerto.

Su tratamiento acústico es similar al de las fachadas. Siempre que existan huecos en la cubierta, la primera actuación será valorar la sustitución de los mismos por otros de mayor aislamiento acústico.

En caso de que la cubierta sea ligera, como por ejemplo, una cubierta de madera, situada en una zona muy ruidosa, además de la sustitución de ventanas, la actuación será la instalación de un falso techo con lana mineral en la cámara, que refuerce el aislamiento de la parte opaca.

6.2.6. ACTUACIONES EN LAS INSTALACIONES

Las instalaciones son un conjunto amplio y heterogéneo de dispositivos que suelen generar ruidos y vibraciones que se trasladan a los recintos protegidos y habitables de los edificios.

La forma de abordar el diseño de las instalaciones en un edificio existente depende del tipo de intervención que se está efectuando. Si se trata de una rehabilitación integral en la que las instalaciones existentes se sustituyen por otras nuevas, o si se trata de una ampliación, las redes de instalaciones deberían cumplir los mismos requisitos que si estuvieran en una obra nueva, es decir, los niveles de ruido y vibraciones transmitidos a los recintos colindantes no deberían superar los objetivos de calidad establecidos en la Ley del ruido.

En ocasiones, el objeto de la intervención es precisamente la introducción o la sustitución de una instalación nueva, por ejemplo, la instalación de un ascensor. En estos casos, deben tomarse aquellas medidas necesarias para que la nueva instalación no suponga trastornos a los usuarios por ruidos producidos. A pesar de que las instalaciones plantean problemáticas muy diversas, las siguientes técnicas son válidas para conseguir la reducción de ruido y vibraciones de equipos y redes:

- Ubicar los equipos alejados de recintos sensibles al ruido como dormitorios, aulas, despachos, etc.
- Reducir el ruido emitido por los equipos, eligiendo aquéllos equipos con una **potencia acústica limitada**.
- Aislar las estructuras de las vibraciones de los equipos, una **bancada de inercia o amortiguadores** si los equipos son compactos.
- Reforzar la **estructura del edificio** en aquéllos puntos del edificio en los que se localicen los equipos, por ejemplo, aumentar el canto del forjado o ejecutar una solera de hormigón sobre aquellos lugares donde están situadas las climatizadoras.
- Anclar los **equipos** y las **redes de conductos en elementos pesados** de fábrica o en pilares, evitando anclarlos en elementos ligeros como particiones ligeras de placas de yeso laminado o ladrillo hueco gran formato
- Aislar los **cuartos técnicos** mediante trasdosados, techos y suelos flotantes, utilizando anclajes amortiguadores, especialmente si los cuartos técnicos están en contacto con recintos sensibles.
- Prever los espacios necesarios para las redes de conductos y de tuberías, de tal forma que sus **secciones** sean las **óptimas**.

- Prever el **espacio** suficiente para los **silenciadores** y los **encapsulamientos** de los equipos si fuera necesario.
- Utilizar **abrazaderas desolidarizadoras** siempre que haya que anclar las tuberías al edificio.

Debe recordarse que en el caso de los locales técnicos, aislar únicamente un paramento, como por ejemplo, instalar un suelo flotante en un cuarto de calderas encima de una vivienda, puede no reducir significativamente los niveles de ruido transmitidos a la misma, ya que los niveles de ruido elevados se transmiten a través de las paredes (transmisión por flancos) y las vibraciones pueden viajar a través de la estructura del edificio hasta lugares alejados de los focos de ruido.

Si por el contrario la intervención es de menor entidad y solamente se efectúan reformas en algunos recintos, puede que no exista margen para mitigar los ruidos producidos por equipos situados de zonas alejadas de los cuartos de instalaciones.

Caso práctico. Propuesta de Rehabilitación Acústica

7. CASO PRÁCTICO – PROPUESTA DE REHABILITACIÓN ACÚSTICA

7.1. INTRODUCCIÓN

En este apartado se pretende desarrollar un caso práctico de **rehabilitación acústica** de un edificio del barrio de Lavapiés, mediante la aplicación de la **opción general** del DB HR basada en la opción simplificada de la norma UNE EN 12354, haciendo uso de la **herramienta de cálculo oficial** del Documento Básico de protección frente al ruido DB HR Versión V.0.2 de diciembre de 2009.

Se realizará una estimación, mediante la norma UNE EN 12354, de las condiciones de aislamiento acústico iniciales del edificio sin rehabilitar, acompañada de las medidas 'in situ' de aislamiento a ruido aéreo y a ruido de impactos, para posteriormente realizar una propuesta de rehabilitación acústica y comprobar, mediante la estimación, las mejoras obtenidas y el alcance o aproximación de los valores de confort acústico, a los que marca el DB HR.

La particularidad de cada actuación de rehabilitación hace que la ejecución de los sistemas que mejoran el aislamiento acústico del edificio sea más específica y se tenga que adaptar a las condiciones existentes, la naturaleza de la intervención y el espacio disponible.

7.2. FASES DEL PROYECTO DE REHABILITACIÓN

Las fases de un proyecto de rehabilitación acústica integral, quedan definidas en el siguiente esquema organizativo de la Guía del DB HR, relativo al aislamiento acústico, para obra de nueva construcción o rehabilitación integral (Véase figura 7.1). El DB HR no es de aplicación para obras de rehabilitación no integral, sin embargo el esquema podría ser igualmente orientativo en estos casos.

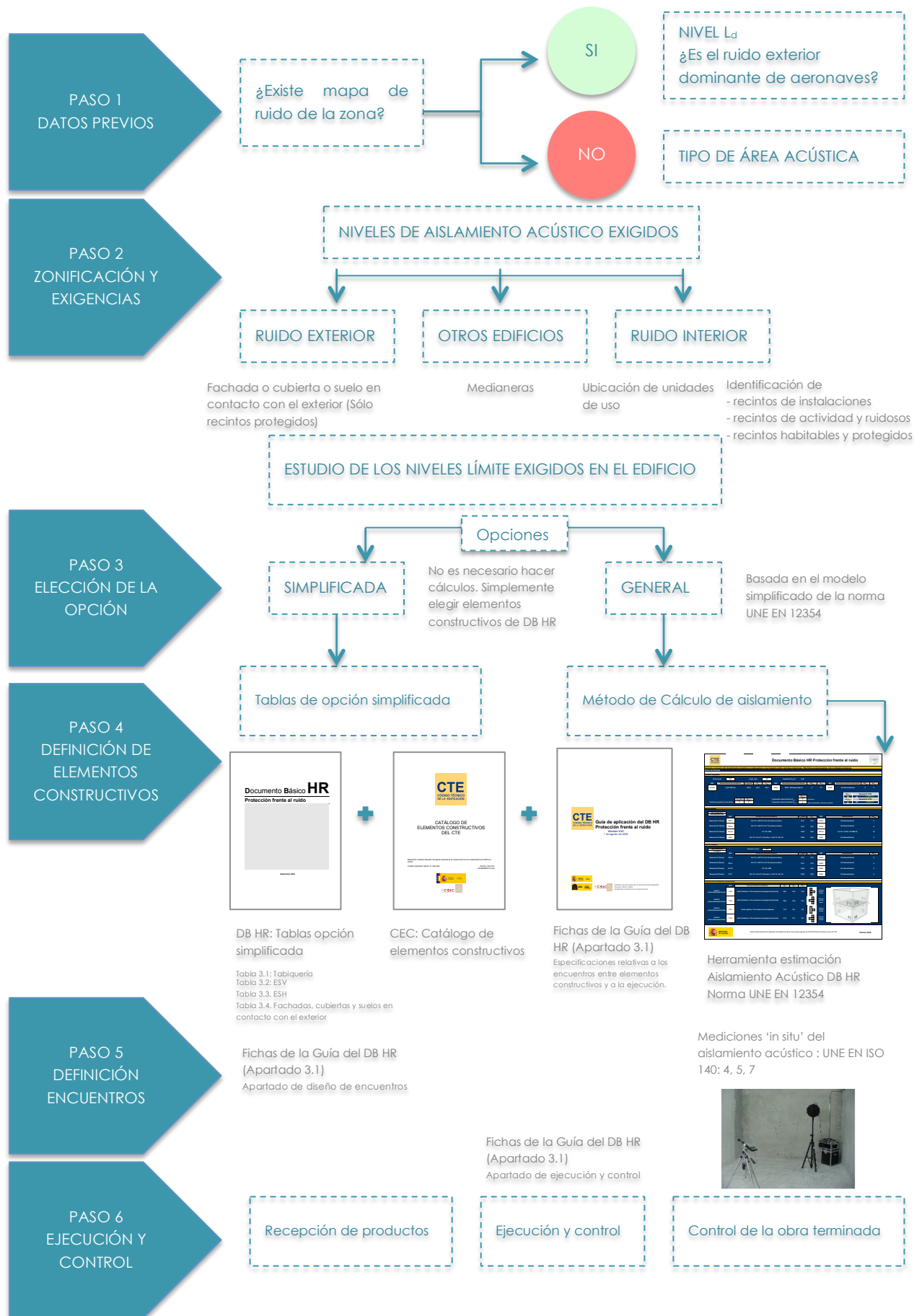


Figura 7.1. Esquema organizativo de aplicación DB HR – Aislamiento acústico

7.3. DATOS PREVIOS.

7.3.1. DATOS DE LA VIVIENDA OBJETO DE ESTUDIO

El edificio objeto de estudio fue construido a finales del siglo XIX, con fecha de Catastro del año 1890. Es de **uso residencial privado** y está formado por 5 plantas residenciales más planta baja de uso comercial. Esta ubicado en la **Calle Ave María**, nº 19, esquina con la calle Tres Peces, en el barrio de Lavapiés. Esta calle queda dentro de la **Zona de Contaminación Acústica Moderada** de la ZPAE de Embajadores, superando los objetivos de calidad acústica en el índice L_n entre 5 y 10dBa.



Figura 7.2. Edificio a rehabilitar en la calle Ave María , 19.

7.3.2. SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS ORIGINALES

La construcción del edificio data del año 1890, lo que responde a un modelo edificatorio residencial representativo del s. XIX en Madrid, que presenta unas formas de construir muy definidas, similares a las de las casas de corredor. A continuación se enumeran los distintos sistemas constructivos y acabados empleados en la edificación del edificio:

- A. Estructura: Muro entramado o de telar de ladrillo macizo y pies derechos (pilares) de madera de pino maciza.
- B. Forjado: Forjado de madera, de vigas y viguetas de madera con entrevigado de yeso.
- C. Fachada: Fábrica de 1 pie (29cm) de ladrillo macizo y cara interior guarnecida con yeso.
- D. Elementos de separación entre viviendas: Fábrica de ½ pie (14cm) de ladrillo macizo guarnecido y enlucido de yeso por las dos caras o ladrillo cerámico simple de 4 cm de espesor guarnecido y enlucido por las dos caras.
- E. Tabiquería interior: Tabique de ladrillo cerámico hueco simple de 4 cm de espesor, guarnecido y enlucido por las dos caras.
- F. Solado: Terrazo de 400 x 400 mm.
- G. Falsos techos: Guarnecido y enlucido de yeso de 15 mm de espesor.
- H. Vidrios: Monolítico de 4-5 mm de espesor.

De manera general, se van a explicar los principales sistemas constructivos del modelo edificatorio, para tratar de caracterizar sus propiedades de aislamiento acústico. Los elementos estructurales básicos a analizar son :

- Muros entramados
- Forjados de piso
- El muro de fachada a calle

MUROS ENTRAMADOS

Los edificios residenciales de esta época, están contruidos mediante un sistema de **muros estructurales** (unos portantes de los forjados o pisos y otros de arriostramiento), formados a base de **entramados de madera** con diversos rellenos, también llamados **muros de telar**.

El **muro entramado o de telar** constituye una solución de muro portante ligera y económica, y también de rápida ejecución, aunque de menor durabilidad y menor resistencia mecánica y ante el fuego. Este tipo de estructuras se usaban para los **muros interiores** o de **medianería**, a excepción del muro de fachada a la calle que se construía generalmente con fábrica de ladrillo (visto o revestido), sobre un zócalo de mampostería.

El muro entramado de madera consta de una retícula de piezas de madera trabadas entre sí, que se rellenan posteriormente con fábrica de ladrillo, yesones, cascotes de derribo, adobes, tapial, etc. Es frecuente encontrar varios de estos tipos de relleno a lo largo de la altura de un mismo edificio. También se han encontrado casos de rellenos realizados con botes cerámicos.

El espesor total del muro se forma de la suma del espesor del entramado de madera, más el espesor del revestimiento, normalmente de unos 1.5 cm en cada cara, de yeso en interiores, o de mortero de cal y arena de mina en las fachadas a patio. Los espesores del entramado variaban en función del uso al que estuvieran destinados. Para muros estructurales, por lo general, su espesor estaba comprendido entre 1 pie en el arranque (28 o 29 cm) hasta ¾ de pie (21 cm) en las plantas más altas. Para las divisiones interiores no estructurales los espesores variaban desde ½ pie (14 cm) hasta una rasilla (4 cm), más los revestimientos.

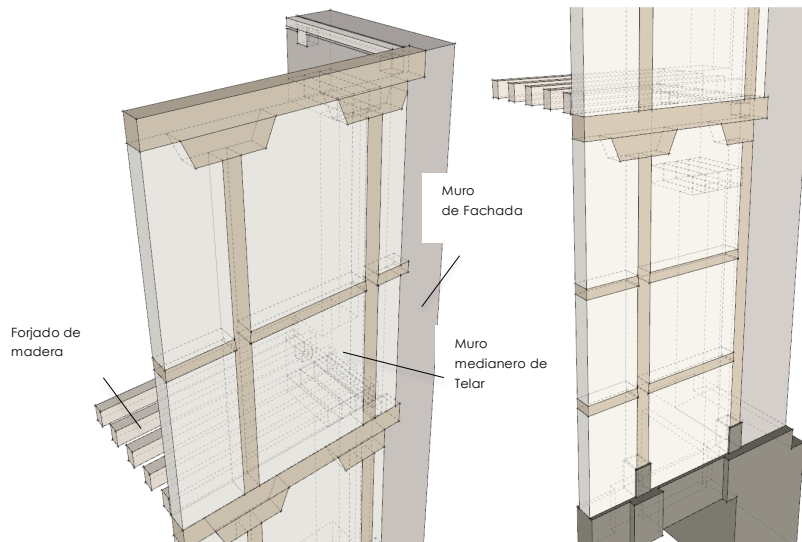


Figura 7.3. Encuentro de fachada con muro medianero de telar

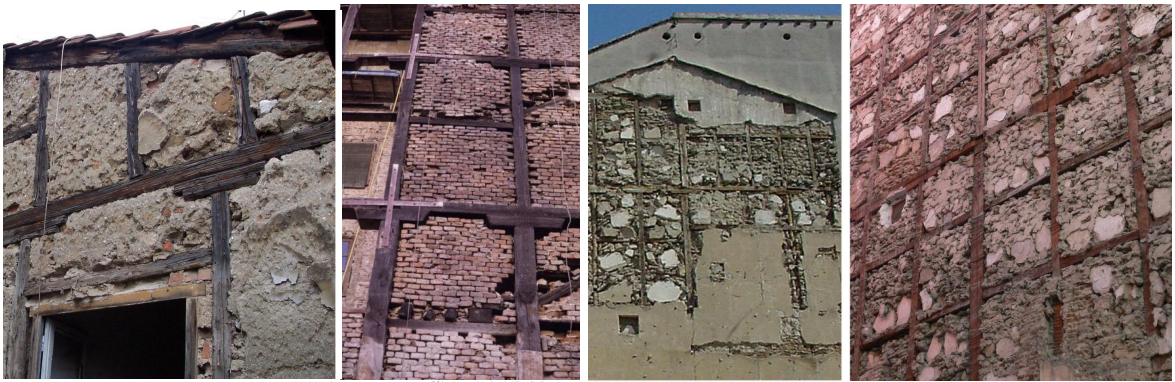


Figura 7.4. Muros entramados de medianería, rellenos con mortero de cal y cascote, fábrica de ladrillo y yesones,

FORJADOS DE PISO

Hasta bien entrada la primera mitad del s. XX, en las edificaciones madrileñas de menor renta, los **forjados** eran en su totalidad de **viguetas de madera apoyadas en los muros entramados**, con diversas soluciones de entrevigado. La ligereza y resistencia de la madera, confiere a este tipo de forjados ventajas indudables, entre las que no están la resistencia al fuego y a los agentes bióticos.

El forjado entramado de madera se forma de piezas rectangulares apoyadas en muros o vigas, y espaciadas entre sí de forma variable, en función de las cargas a soportar, la madera disponible y sobre todo del sistema de entrevigado utilizado.

Los entrevigados más comunes se basan generalmente en el relleno entre viguetas con yeso como aglomerante de diversos materiales, cuyo objeto es el aligeramiento del forjado.

El forjado que se ha considerado para el análisis del edificio es de vigas de madera de pino (densidad 800 kg/m^3) y de sección $150 \times 100 \text{ mm}$, moduladas a 580 mm . Entrevigado realizado mediante arco de ladrillo cerámico de dimensiones $29 \times 105 \times 235 \text{ mm}$ (masa superficial 57 kg/m^2), apoyado en listones de madera (densidad 425 kg/m^3) de sección $20 \times 20 \text{ mm}$ fijados a las vigas, y relleno de arena (densidad aparente 1.370 kg/m^3) hasta alcanzar la cara superior de las vigas. Como terminación, se emplea un solado de terrazo de dimensiones $400 \times 400 \text{ mm}$ (masa superficial $81,8 \text{ kg/m}^2$) y de 34 mm de espesor, sobre capa de mortero de cemento de 30 mm de espesor (densidad 2.000 kg/m^3). Masa del forjado 273 kg/m^2 .

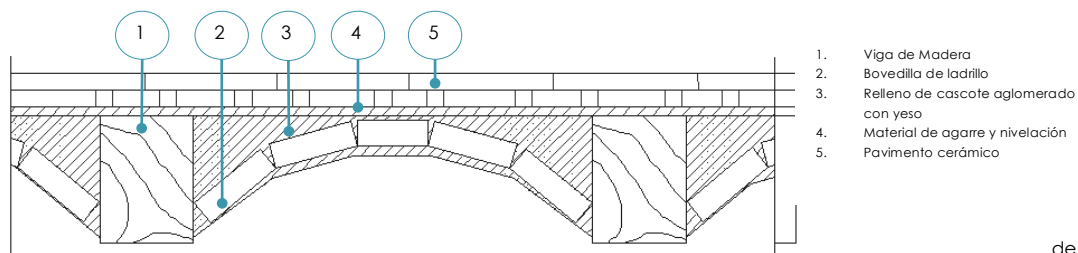
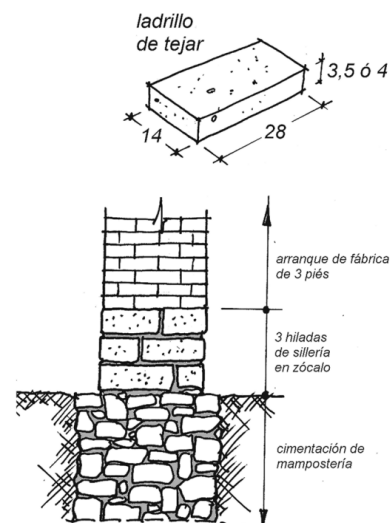


Figura 7.5. Forjado de madera con entrevigado de bovedilla de yeso y entrevigado de bovedilla de ladrillo

EL MURO DE FACHADA A CALLE

Es a partir del incendio de la Plaza Mayor (1790), cuando se insta a construir las fachadas a la calle y las medianeras con muros de fábrica, como medida de protección ante la propagación de incendios. Aunque estas recomendaciones estaban muy claras en las ordenanzas de la época (Juan de Villanueva), se siguieron empleando los muros entramados de madera en los paños interiores y medianeros, puesto que seguían resultando mucho más económicos que los muros de fábrica.

Los muros de fachada a calle del edificio objeto de estudio están formados por un 1 pie de fábrica de ladrillo macizo visto. El **ladrillo macizo**, llamado **tosco** y fabricado en tejar, tenía el formato castellano de la época, de 28 x 14 cm, y un grueso que variaba entre los 3.5 y 4 cm. El espesor de las fábricas disminuye con la altura, dejando normalmente un retalle en cada planta, en el que se apoyan las viguetas de los forjados de piso.

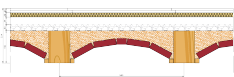

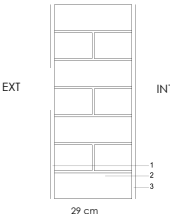

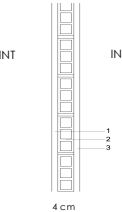


CARACTERÍSTICAS ACÚSICAS DE LOS ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS

No existen datos específicos sobre las prestaciones de aislamiento acústico de los elementos constructivos tradicionales del Madrid del s. XIX en el Catálogo de Elementos Constructivos. Sin embargo se ha conseguido información sobre forjados de madera de los trabajos de investigación realizados en el marco del **Proyecto BALI**¹, financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación (MICINN) y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) y dentro del programa de Proyectos Singulares Estratégicos. Respecto a los muros entramados estructurales, de fachada a calle y tabiquería los datos se han obtenido del Anexo 3 de la Norma NBE - CA 88.

Para realizar las estimaciones teóricas sobre el comportamiento acústico 'in situ' del edificio sin rehabilitar y rehabilitado, se supondrán los siguientes valores obtenidos en laboratorio de los diferentes elementos constructivos originales, recogidos en la tabla 7.1:

Tabla 7.1. Prestaciones acústicas de elementos constructivos a rehabilitar

	Elemento estructural básico	M' (Kg/m ²)	R _A (dBA)	L _{n,w} (dBA)
	Suelo Forjado de vigas y viguetas de madera con entrevigado de yeso	273	52.3	80
	Techo Forjado de vigas y viguetas de madera más guarnecido y enlucido de yeso con un espesor de 1,5 cm.	273	52.3	80
	Fachada Fabrica de 1 pie de ladrillo macizo visto de 29 cm de espesor, guarnecido y enlucido de yeso por cara interior con un espesor de 1,5 cm.	532	58	
	ESV Fábrica de ladrillo macizo 14 cm de espesor, guarnecido y enlucido de yeso por ambas caras con un espesor de 1,5 cm.	286	48	
	Tabiquería Ladrillo hueco sencillo de 4 cm de espesor guarnecido y enlucido de yeso por ambas caras con un espesor de 1,5 cm.	69	32	

Es de suponer que las mediciones 'in situ' que se realizarán según las recomendaciones UNE EN ISO 140, Parte 4 (ruido aéreo) y parte 7 (ruido de impacto), no alcanzarán unos niveles mínimos de confort, ya que los valores conocidos obtenidos en laboratorio de los diferentes elementos constructivos, son totalmente insuficientes si se aplican las exigencias del DB HR, debiendo tener en cuenta además que estos datos no contemplan las transmisiones por flancos, la geometría del recinto receptor, ni la corrección de ecos.

¹ El proyecto BALI (Building Acoustics Living) es una iniciativa liderada por Fomento de Construcciones y Contratas (FCC) cuyo objetivo es desarrollar productos arquitectónicos y sistemas de altas prestaciones acústicas y herramientas que ayuden al sector de la construcción en el diseño integral de edificios.

7.3.3. DETERMINACIÓN DEL VALOR L_d

El edificio de viviendas está situado en el número 19 de la calle Ave María. Las exigencias de aislamiento acústico a ruido exterior se fijan en el DB HR en función del índice de ruido día, L_d , de la zona donde se ubica el edificio. El valor del índice de ruido día, L_d , se obtiene del **mapa estratégico de ruido** de Madrid 2006.

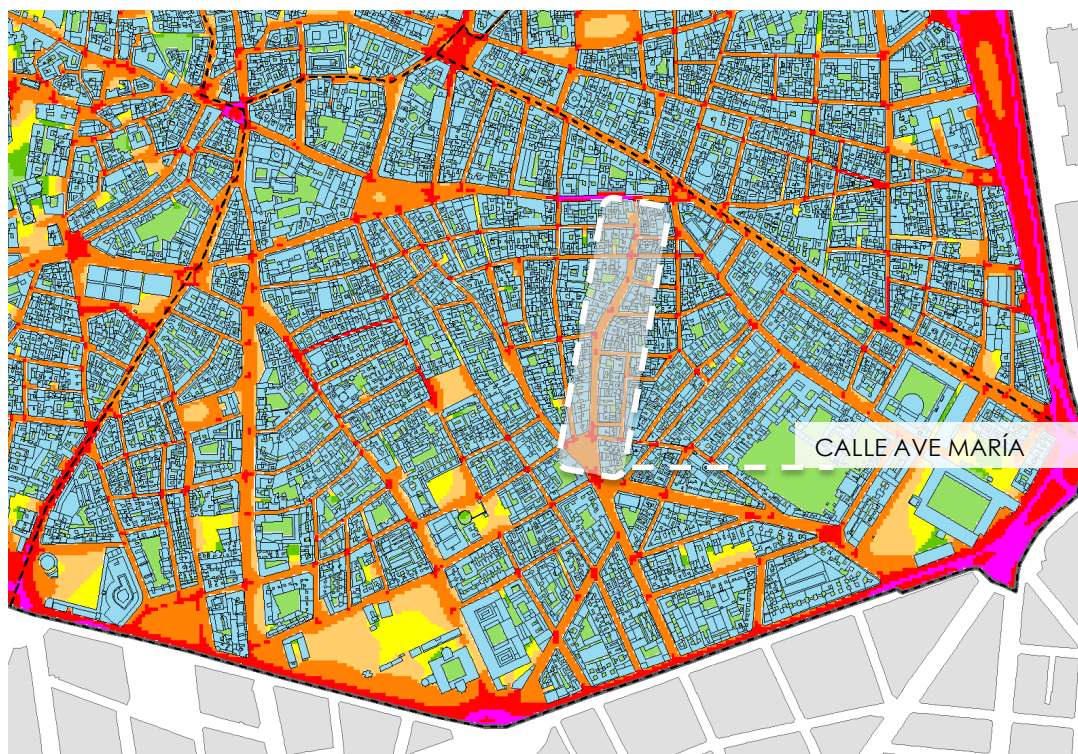


Figura 7.7. Índice de ruido de día L_d - MER 2006 Barrio Embajadores

L_d , índice de ruido día, es el índice de ruido asociado a la molestia durante el periodo día y definido como el nivel sonoro medio a largo plazo, ponderado A, determinado a lo largo de todos los periodos día de un año.



El valor predominante del índice de ruido L_d en la calle Ave María a la altura del número 19 es de 65-70 dBA, teniendo en cuenta únicamente el tráfico rodado como fuente de ruido, según los MER 2006. En algunos puntos de la calle se alcanzan los 75dBA.

Tabla 7.2. Índice de ruido de día L_d de la calle Ave María

Niveles Sonoros	
L_d	
< 50 dB(A)	65 - 70 dB(A)
50 - 55 dB(A)	70 - 75 dB(A)
55 - 60 dB(A)	> 75 dB(A)
60 - 65 dB(A)	

Índice de Ruido de día L_d [dBA]	
Nombre de la Vía	L_d
Ave María	65 - 75

7.4. ZONIFICACIÓN Y EXIGENCIAS

Es necesario clasificar los recintos según determina el CTE, para de esta manera identificar los recintos y aristas comunes, es decir realizar la **zonificación acústica del edificio**.

En este apartado se tratará de mostrar la zonificación acústica del edificio residencial de uso mixto para cada una de las diferentes plantas. Para ello se clasificarán los recintos contenidos en él según determina el DB HR en su "Anejo A. Terminología". Todo ello se llevará a cabo a través de los planos expuestos en el [Anexo II](#), planta baja y planta tipo respectivamente. Esta planta tipo es la equivalente de la primera, segunda, tercera, cuarta y quinta planta del edificio ejemplo.

Se procede a diferenciar cada uno de los recintos que nos podemos encontrar en el edificio antes de plasmar la zonificación en los planos, definiéndolos brevemente según se definen en el DB HR:

- **Recinto (R):** Espacio entre edificios limitados por cerramientos, particiones o cualquier otro elemento de separación.
- **Recinto de actividad (RA):** Aquellos recintos, en los edificios de uso residencial (público o privado), hospitalario o administrativo, en los que se realiza una actividad distinta a la realizada en el resto de los recintos del edificio en el que se encuentra integrado, siempre que el nivel medio de presión sonora estandarizado, ponderado A, del recinto sea mayor que 70 dB(A). A partir de 80 dB(A) se considera recinto ruidoso.
- **Recinto de instalaciones (RI):** Recinto que contiene equipos de instalaciones colectivas del edificio. A efectos del DB HR, el recinto del ascensor no se considera un recinto de instalaciones a menos que la maquinaria esté dentro del mismo.
- **Recinto habitable (RH):** Recinto interior destinado al uso de personas cuya densidad de ocupación y tiempo de estancia exigen unas condiciones acústicas, térmicas y de salubridad adecuadas. Ejemplos:
 - A. Habitaciones y estancias (dormitorios, comedores, bibliotecas, salones, etc.) en edificios residenciales.
 - B. Aulas, salas de conferencias, bibliotecas, despachos, en edificios de uso docente.
 - C. Quirófanos, habitaciones, salas de espera, en edificios de uso sanitario u hospitalario.
 - D. Oficinas, despachos; salas de reunión, en edificios de uso administrativo.
 - E. Cocinas, baños, aseos, pasillos, distribuidores y escaleras, en edificios de cualquier uso.
 - F. Cualquier otro con un uso asimilable a los anteriores.
- **Recinto no habitable (RNH):** Recintos no destinados al uso permanente de personas o cuya ocupación, por ser ocasional, sólo exige unas condiciones de salubridad adecuadas. Ejemplos: trasteros, cámaras técnicas y desvanes no acondicionados, y sus zonas comunes.
- **Recinto protegido (RP):** Es un recinto habitable con mejores características acústicas. Ejemplos: los casos a, b, c y d de los recintos habitables.
- **Recinto ruidoso (RR):** Recinto de uso generalmente industrial, cuyas actividades producen un nivel medio de presión sonora estandarizado, ponderado A, en el interior del recinto, mayor de 80 dB(A).

A su vez, estos recintos se engloban en unas categorías superiores que el DB HR denomina unidades de uso y zonas comunes. Estas unidades de uso y zonas comunes se definirían de la siguiente manera, y siempre según especifica el DB HR:

- **Unidades de uso (UU):** Edificio o parte de un edificio que se destina a un uso específico, y cuyos usuarios están vinculados entre, sí bien por pertenecer a una misma unidad familiar, empresa, corporación, bien por formar parte de un grupo o colectivo que realiza la misma actividad. Ejemplo: en edificios de vivienda, cada una de las viviendas.
- **Zonas comunes (ZC):** Zona o zonas que dan servicio a varias unidades de uso.

Vistos los diferentes recintos y las unidades de uso que se pueden encontrar en el edificio ejemplo, se pasará ahora a detallar cada una de las zonas del mismo.

Se ve a simple vista en los planos del Anexo I que el edificio tiene 4 viviendas por planta, equivalentes según la normativa del DB HR a 4 unidades de uso, exceptuando la planta baja que tiene dos locales comerciales más un cuarto de instalaciones distribuidos de la siguiente manera (considerando el edificio de 5 plantas más planta baja):

- **Planta baja:** 3 local comerciales + portería.
- **Plantas tipo (1º-5º):** 4 viviendas.

Los locales comerciales se ha presupuesto como recintos de actividad y el cuarto de instalaciones de la planta baja sería recinto de instalaciones. Finalmente, las zonas comunes del edificio, que se ven a simple vista como un descarte de todo lo anterior, serían: los pasillos exteriores del edificio, el hall de entrada al edificio, las escaleras para el acceso a diferentes plantas y el hueco del ascensor.

7.4.1. ZONIFICACIÓN ACÚSTICA DE LA PLANTA BAJA

De acuerdo a las definiciones antes vistas en base al DB HR se presenta a continuación la zonificación acústica de la **planta baja** del edificio, (Véase Figura 7.8), según los recintos que la conforman. Los diferentes recintos (recintos protegidos, recintos habitables, recintos habitables otros, y recintos de actividad) se han coloreado de distinto color y se han marcado por sus siglas, en base a las definiciones antes expuestas.

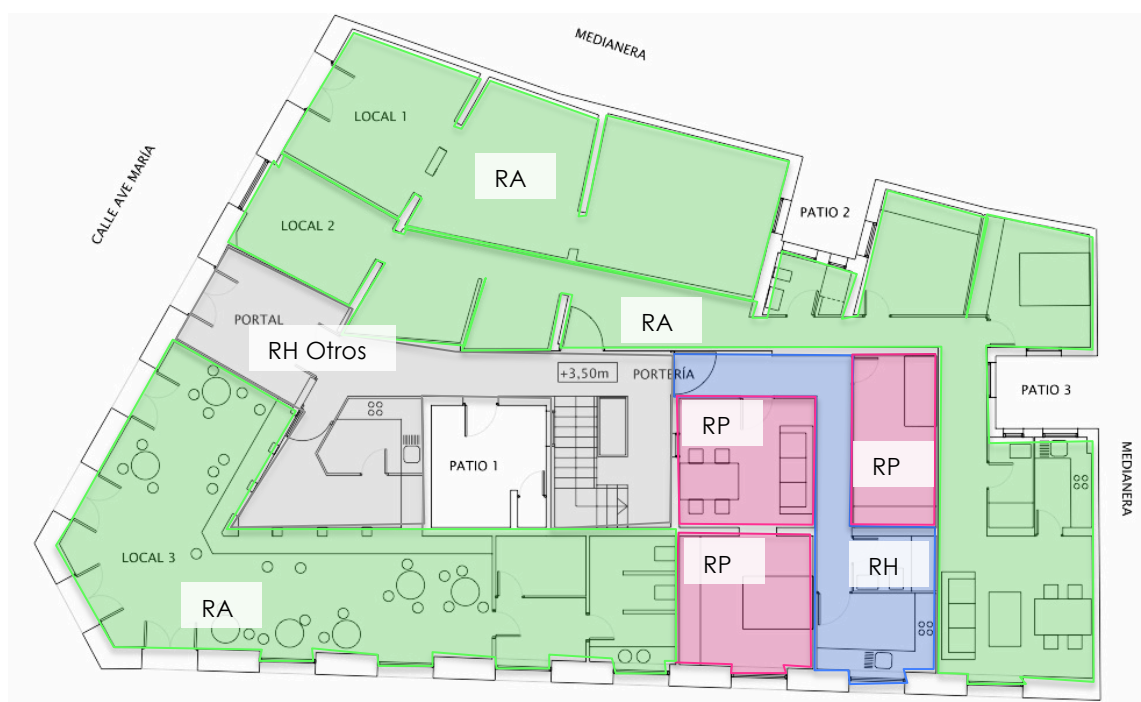


Figura 7.8. Zonificación acústica de la planta baja

7.4.2. ZONIFICACIÓN ACÚSTICA DE LA PLANTA TIPO

Al igual que se ha realizado la zonificación acústica de la planta baja, se presenta a continuación, (Véase Figura 7.9) , la zonificación de las cinco plantas (1º - 5º) mediante el plano de la **planta tipo**. También, y al igual que anteriormente, se han coloreado los diferentes recintos de las viviendas según su función, en base a las definiciones antes expuestas.

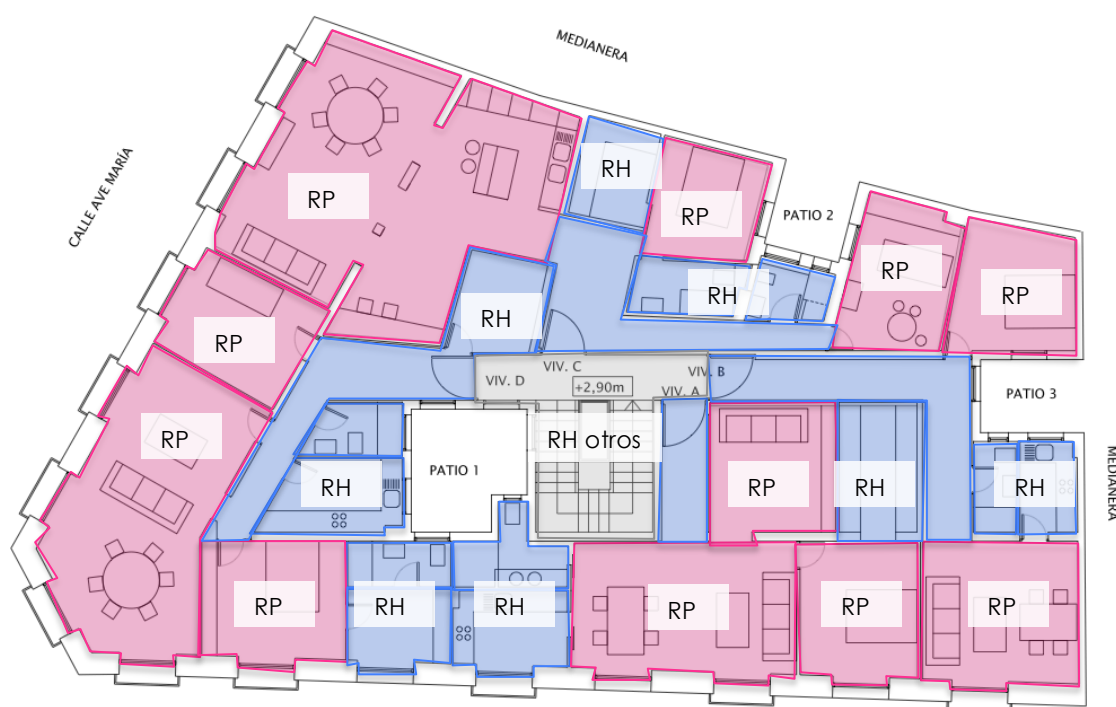


Figura 7.9. Zonificación acústica de la planta tipo

7.4.3. VALORES LÍMITE DE AISLAMIENTO ACÚSTICO DB HR

Se resumen de nuevo los valores límite ya comentados en el apartado 5.6 de este proyecto:

Valores de aislamiento acústico – Ruido aéreo					
RECINTO EMISOR		RECINTO RECEPTOR			
		Recintos Protegidos		Recintos Habitables	
Interior	Misma unidad de uso	$R_A \geq 33$ dBA Tabiquería		$R_A \geq 33$ dBA Tabiquería	
	Distinta unidad de uso	Sin puertas y ventanas	Puertas y ventanas comunes	Sin puertas y ventanas	Puertas y ventanas comunes
		$D_{nT,A} \geq 50$ dBA	$R_A \geq 30$ dBA Puertas o ventanas	$D_{nT,A} \geq 45$ dBA	$R_A \geq 20$ dBA Puertas o ventanas
			$R_A \geq 50$ dBA Cerramiento opaco		$R_A \geq 50$ dBA Cerramiento opaco
	Recintos de instalaciones o de actividad	$D_{nT,A} \geq 55$ dBA		$D_{nT,A} \geq 45$ dBA	$R_A \geq 30$ dBA Puertas
$R_A \geq 50$ dBA Cerramiento opaco					
Exterior	Del exterior	$D_{2m,nT,Atr} \geq 30 - 51$ dBA en función del tipo del ruido predominante, el L_d , tipo del edificio y % de huecos en fachada		No es aplicable	
Entre Edificios	$D_{2m,nT,Atr} \geq 40$ dBA cada cerramiento $D_{nT,A} \geq 50$ dBA ambos cerramientos juntos				

Valores de aislamiento acústico – Ruido aéreo exterior $D_{2m,nT,Atr}$		
L_d dBA	USO DEL EDIFICIO	
	Residencial y hospitalario	
	Dormitorios	Estancias
$L_d \leq 60$	30	30
$60 < L_d \leq 65$	32	30
$65 < L_d \leq 70$	37	32
$70 < L_d \leq 75$	42	37
$L_d > 75$	47	42

Valores de aislamiento acústico – Ruido de impactos $L'_{nT,W}$			
RECINTO EMISOR		RECINTO RECEPTOR	
		Recintos Protegidos	Recintos Habitables
Interior	Distinta unidad de uso	$L'_{nT,W} \leq 65$ dB	—
	Recintos de instalaciones o de actividad	$L'_{nT,W} \leq 60$ dB	$L'_{nT,W} \leq 60$ dB

7.4.4. VALORES LÍMITE DE AISLAMIENTO ACÚSTICO EN PLANTA BAJA

En este apartado se presentan los **valores mínimos** de aislamiento acústico a ruido aéreo que deberían tener los diferentes recintos entre distintas unidades de uso adyacentes y el aislamiento acústico a ruido aéreo con respecto al exterior. En la planta baja se disponen 3 recintos de actividad, y una vivienda portería (Unidad de uso 1). Los aislamientos mínimos se presentan respecto a:

Ruido en recinto habitable UU 1	→	Recinto protegido UU 1
Ruido en recinto protegido UU 1	→	Recinto protegido UU 1
Ruido en recinto habitable otros	→	Recinto protegido UU 1
Ruido en recinto de actividad	→	Recinto protegido UU 1
Ruido exterior de $L_d = 65-70$ dBA	→	Recinto protegido UU 1

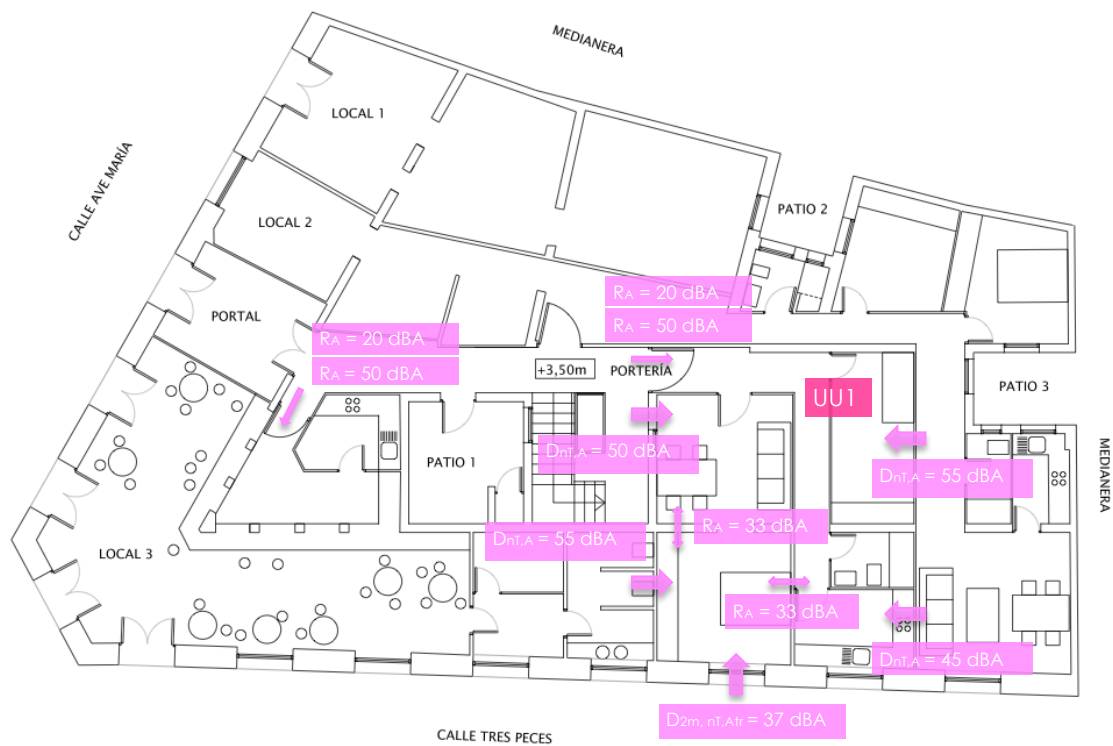


Figura 7.10. Valores mínimos de aislamiento acústico a ruido aéreo planta baja

7.4.5. VALORES LÍMITE DE AISLAMIENTO ACÚSTICO EN PLANTA TIPO

En esta planta también se presentan los **valores mínimos** de aislamiento acústico a ruido aéreo entre recintos y a ruido exterior. En la figura 7.11 no se indican pero se suponen, los valores mínimos para el índice de reducción acústica para la tabiquería interior de $RA = 33\text{dB}$ A, y para los elementos de separación vertical entre las viviendas y el vestíbulo de acceso a las mismas de $RA = 20\text{dB}$ A para las puertas y $RA = 50\text{dB}$ A para el cerramiento opaco. Se distinguen 4 unidades de uso por planta. En el caso de patios interiores se considera un índice de ruido L_d 10dBa menor que el índice de ruido de la zona. Los aislamientos mínimos se presentan respecto a:

Recinto protegido UUA	↔	Recinto protegido UUB
Recinto habitable UUA	↔	Recinto habitable UUD
Recinto protegido UUB	↔	Recinto protegido UUC
Recinto habitable UUB	↔	Recinto habitable UUC
Ruido en recinto protegido UUC	→	Recinto habitable UUD
Recinto protegido UUC	↔	Recinto protegido UUD
Ruido en recinto habitable UUD	→	Recinto protegido UUC
Ruido exterior de Ld = 65-70 dBA	→	Recintos protegidos UUA,UUB,UUC,UUD
Ruido exterior de Ld = 55-60 dBA	→	Recintos protegidos UUC
Ruido en recinto habitable otros	→	Recinto protegido UUA
Ruido en recinto habitable otros	→	Recinto habitable UUA



Figura 7.11. Valores mínimos de aislamiento acústico a ruido aéreo planta tipo

7.4.6. VALORES LÍMITE DE AISLAMIENTO ACÚSTICO ENTRE PLANTAS

En este caso habría que aplicar, para el aislamiento acústico a ruido aéreo entre plantas sin recintos de instalaciones ni recintos de actividad, el valor mínimo para cada una de las plantas de:

- Para los recintos protegidos: $D_{nT,A} = 50$ dBA
- Para los recintos habitables: $D_{nT,A} = 45$ dBA

En el caso de la primera planta y la planta baja sí que hay recintos de actividad que afectan a varias unidades de uso de la primera planta (B,C,D). Es por ello que habrá que aplicar los siguientes valores mínimos de aislamiento a ruido aéreo para la unidad de uso de la primera planta:

- Para los recintos protegidos: $D_{nT,A} = 55$ dBA
- Para los recintos habitable: $D_{nT,A} = 45$ dBA

El **ruido de impactos** no se incluye en estos mínimos por ser valores máximos, es decir, valores que no deben ser sobrepasados.

7.5. JUSTIFICACIÓN DE LAS PAREJAS DE RECINTOS

A continuación se expondrán, de todas las posibles parejas de recintos para el cálculo del aislamiento acústico que se pueden encontrar en el edificio, los casos más restrictivos y más representativos del mismo. Se analizará una de cada una de las siguientes configuraciones, además de analizar los casos particulares medidos 'in situ'.

Ruido aéreo:

- Recinto protegido – recinto protegido
- Recinto de actividad – recinto protegido

Ruido exterior:

- Ruido exterior – Fachada recinto protegido

Ruido de impactos:

- Recinto habitable - recinto protegido

La altura media escogida para todos los recintos del edificio es de **3 metros**.

Para reducir el número de cálculos a realizar con la herramienta de estimación, se proponen los siguientes criterios generales para seleccionar las parejas de **recintos más desfavorables**, que requieren un mayor aislamiento, atendiendo a su localización, uso, geometría:

- Ubicación, orientación y diseño
- Uso de los recintos
- Geometría de los recintos

1. **Numero de aristas comunes:** podemos afirmar que dadas varias parejas de recintos con iguales soluciones constructivas, encuentros entre las mismas, dimensiones del elemento separador entre los recintos e igual volumen del recinto considerado como receptor será un recinto más restrictivo, tanto si hablamos de aislamiento a ruido aéreo como si hablamos de

- aislamiento a ruido de impacto, la pareja de recintos que tenga **mayor número de aristas comunes**.
2. **Dimensiones del elemento separador ruido aéreo:** Para el cálculo del aislamiento a ruido aéreo, ante igualdad de elementos constructivos, volumen y constitución de las aristas, los recintos cuyo **elemento separador** presente una **superficie mayor**, constituirán generalmente el caso más desfavorable.
 3. **Volumen del recinto receptor:** Ante igualdad de elementos constructivos y constitución de las aristas, los recintos que, actuando **como receptores**, presenten un **volumen menor**, constituirán generalmente el caso más desfavorable.
 4. **Dimensiones de elemento separador ruido de impactos:** Para el cálculo del aislamiento a ruido de impactos, ante igualdad de materiales, volumen y constitución de las aristas, los recintos cuyo **elemento separador** presente una **superficie menor**, constituirán generalmente el caso más restrictivo.
 5. **Prestaciones acústicas del elemento de separación entre los recintos:** Para el cálculo de ambos aislamientos, a ruido aéreo o a ruido impacto, ante igualdad de geometrías (tanto en tamaño como en constitución de aristas) los recintos cuyo elemento separador presente un índice global de reducción acústica menor o nivel global de presión de ruido de impactos mayor, constituirán generalmente el caso más desfavorable.

7.5.1. PAREJA DE RECINTOS PARA EL RUIDO AÉREO

Para el primero de los tres casos que se van a analizar en esta sección, se ha escogido como pareja de recintos, **recinto protegido - recinto protegido**, el salón de la unidad de uso C y la estancia de la unidad de uso D, ambos de la planta tipo (Véase figura 7.12). Esta situación está contemplada en la herramienta de Cálculo del Documento Básico HR Protección frente al ruido V2.0 como ejemplo de cuatro aristas comunes del elemento de separación vertical.

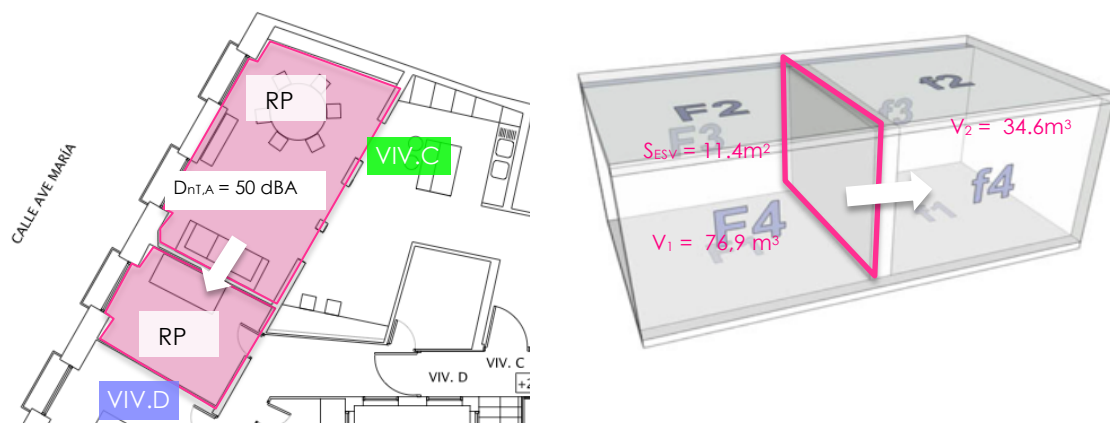


Figura 7.12. Pareja de recintos para ruido aéreo (RP-RP). Caso 1

Para el siguiente caso, se va a estimar el aislamiento a ruido aéreo de **recinto protegido - recinto protegido**, del dormitorio de la tercera planta y del dormitorio de la cuarta planta. En este caso además de realizar la estimación, se realizará la medida 'in situ'. La estimación de este aislamiento se tendrá que calcular como ejemplo de tres aristas comunes del elemento de separación horizontal, caso B.

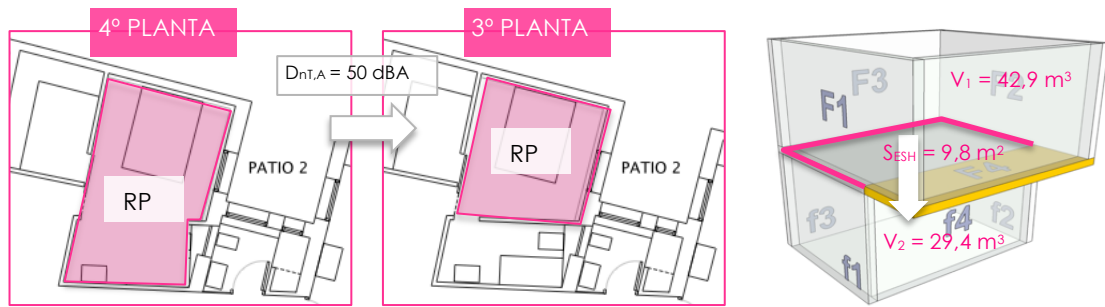


Figura 7.13. Pareja de recintos para ruido aéreo (RP –RP). Caso 2

Como último caso, **recinto de actividad – recinto protegido**, se ha tenido en cuenta recinto de actividad del local 1 de la planta baja y el dormitorio de la primera planta, recinto protegido, de la unidad de uso C. Haciendo referencia a la herramienta de cálculo del CTE, este aislamiento se tendrá que calcular como dos aristas comunes, caso D.



Figura 7.14. Pareja de recintos para ruido aéreo (RA –RP). Caso 3

Datos necesarios para la estimación del aislamiento acústico a ruido aéreo caso 1:

PAREJA DE RECINTOS RUIDO AÉREO 1							
		S (m²)	l (m)			S (m²)	l (m)
Recinto emisor V ₁ = 76,9 m3	ESV	11,40	---	Recinto receptor V ₂ =34,6 m³	ESV	11,40	---
	F1	25,65	3,8		f1	11,55	3,8
	F2	25,65	3,8		f2	11,55	3,8
	F3	20,25	3		f3	9,12	3
	F4	20,25	3		f4	9,12	3

Datos necesarios para la estimación del aislamiento acústico a ruido aéreo caso 2:

PAREJA DE RECINTOS RUIDO AÉREO 2									
		S (m²)	l (m)			S (m²)	l (m)		
Recinto emisor	ESV	9,8	---	Recinto receptor	ESV	9,8	---		
	V ₁ = 42,9 m³	F1	15,2		3,5	V ₂ = 29,4 m³	f1	10,5	3,5
	F2	13,3	2,9		f2	8,6	2,9		
	F3	9	3		f3	9	3		
	F4	4,5	3,1		f4	9,2	3,1		

Datos necesarios para la estimación del aislamiento acústico a ruido aéreo caso 3:

PAREJA DE RECINTOS RUIDO AÉREO 3									
		S (m²)	l (m)			S (m²)	l (m)		
Recinto receptor	ESV	9,8	---	Recinto emisor	ESV	9,8	---		
	V ₂ = 29,4 m³	F1	9,2		3,1	V ₁ = 65,34 m³	f1	3,3	3,1
		F2	9		3		f2	15,9	3
		F3	10,5		3,5		f3	6,7	3,5
		F4	8,6		2,9		f4	12	2,9

7.5.2. PAREJA DE RECINTOS PARA EL RUIDO DE IMPACTO

El primer cálculo se realizará entre un **recinto protegido** - **recinto habitable** de distintas unidades de uso. Estos recintos se encuentran entre la segunda y tercera planta del edificio. El dormitorio se sitúa en la unidad de uso tipo D de la segunda planta, y el cuarto de baño en la unidad de uso tipo D de la tercera planta. Este tipo de aislamiento se tendrá que calcular como una arista común para impactos, caso E.

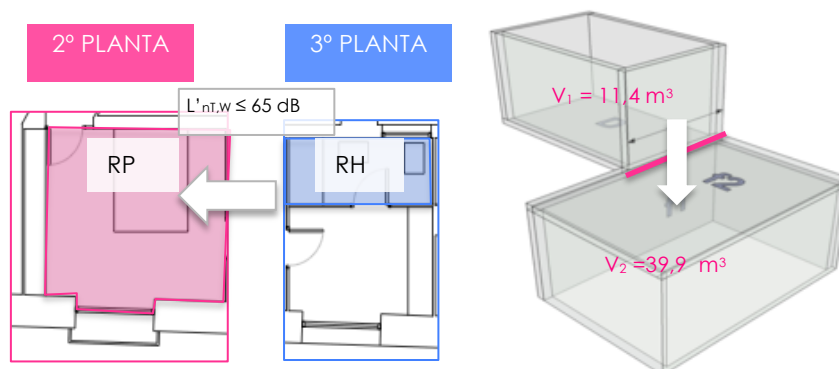


Figura 7.15. Pareja de recintos para ruido de impactos (RH -RP). Caso 1

El segundo cálculo se realizará entre un **recinto protegido** - **recinto protegido**. Estos recintos se encuentran entre la tercera y cuarta planta del edificio de la unidad de uso tipo C. Haciendo referencia a la herramienta de cálculo del CTE, este aislamiento se tendrá que calcular como tres aristas comunes, caso B. En este caso además de realizar la estimación, se realizará la medida 'in situ'.

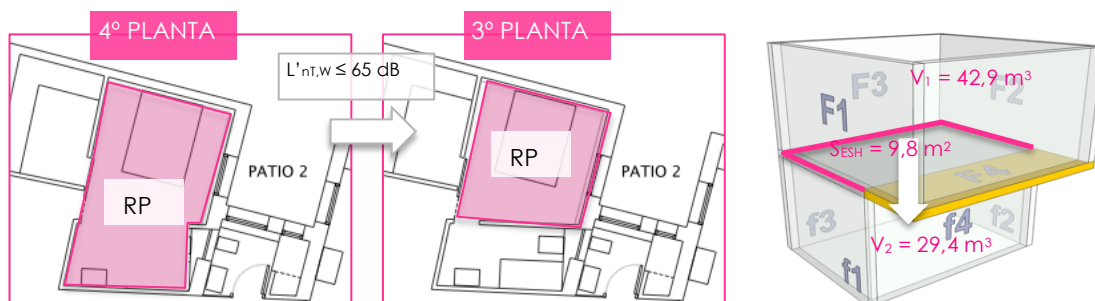


Figura 7.16. Pareja de recintos para ruido de impactos (RP -RP). Caso 2

7.6. EVALUACIÓN DEL EDIFICIO SIN REHABILITAR

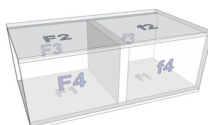
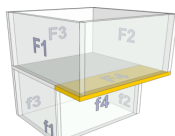
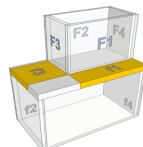
Se van evaluar las condiciones de aislamiento acústico del edificio sin rehabilitar, para poder comparar la situación del mismo antes y después de su rehabilitación. Para ello se va a realizar la estimación teórica del aislamiento con la herramienta de cálculo del Documento Básico de protección frente al ruido y además se llevará a cabo la medición 'in situ' del aislamiento:

- A ruido aéreo entre recintos, según la Norma UNE EN 140-4:1999
- A ruido de impactos entre recintos, según la Norma UNE EN 140-7:1998

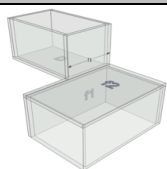
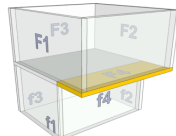
7.6.1. ESTIMACIÓN DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO MEDIANTE LA NORMA UNE EN 12354

Se presentan los resultados de las estimaciones calculadas para cada pareja de recintos, en los que se comprueba que con las supuestas soluciones constructivas originales del siglo XIX, no se alcanzan los niveles exigidos en el DB HR. Las fichas justificativas de los cálculos se adjuntan en el Anexo IV.

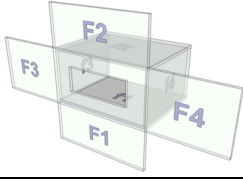
■ AISLAMIENTO A RUIDO AÉREO

AISLAMIENTO ACÚSTICO A RUIDO AÉREO			
	CASO 1	CASO 2	CASO 3
			
DnT,A (dBA)	45	45	49
Exigencia DB HR	≥50	≥50	≥55
	NO CUMPLE	NO CUMPLE	NO CUMPLE

■ AISLAMIENTO A RUIDO DE IMPACTOS

AISLAMIENTO ACÚSTICO A RUIDO DE IMPACTO		
	CASO 1	CASO 2
		
L'nT,w (dB)	77	84
Exigencia DB HR	≤65	≤65
	NO CUMPLE	NO CUMPLE

■ AISLAMIENTO A RUIDO AÉREO EXTERIOR

AISLAMIENTO ACÚSTICO A RUIDO AÉREO EXTERIOR	
	CASO 1
	
$D_{2m,nT,Atr}$ (dBA)	35
Exigencia DB HR	≥ 37
	NO CUMPLE

7.6.2. MEDIDA IN SITU DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO

En este apartado se van a presentar los datos obtenidos en las diferentes medidas de aislamiento acústico 'in situ' realizadas para cada pareja de recintos en el edificio objeto de estudio. La metodología de los ensayos está reflejada en el **Anexo III** de este proyecto, de acuerdo con las normas UNE EN ISO140-4 y UNE EN ISO 140-7 respectivamente.

Las medidas in situ del aislamiento acústico han estado condicionadas por diversos factores que estaban fuera del alcance de este proyecto, tales como:

- La no disponibilidad de todas las viviendas para realizar las medidas.
- Viviendas con espacios muy limitados.
- Viviendas habitadas y amuebladas que condicionan la absorción de los recintos y la disposición de la fuente y el micrófono.

Dicho esto, ha sido posible realizar tres ensayos 'in situ' sobre distintos elementos constructivos:

- Tabique interior** – Medida de aislamiento acústico a ruido aéreo
- Medianera entre viviendas** – Medida de aislamiento acústico a ruido aéreo (CASO 1)
- Forjado** – Medida de aislamiento acústico a ruido aéreo y a ruido de impactos (CASO 2)

A continuación se van a presentar los resultados obtenidos en los distintos ensayos y el proceso de cálculo que se ha empleado para obtener los parámetros $R'A$, $D_{nT,A}$ y $L'_{nT,W}$, para aislamiento a ruido aéreo y a ruido de impactos respectivamente.

A. ENSAYO DE AISLAMIENTO A RUIDO AÉREO - TABIQUE INTERIOR

- Nivel de presión sonora medido en el recinto emisor (L_1)

Nivel de presión sonora medido en el recinto emisor L_1 [dB]											
Frec.(Hz)	Pos1	Pos2	Pos3	Pos4	Pos5	Pos6	Pos7	Pos8	Pos9	Pos10	Promedio
100	71,8	68,0	71,9	70,5	66,9	82,9	79,5	87,0	75,0	77,0	79,6
125	83,7	80,1	82,2	82,9	86,4	78,0	88,2	89,7	89,4	86,0	86,1
160	84,7	82,8	84,4	84,0	80,8	90,4	88,5	85,1	85,3	80,3	85,7
200	89,6	87,6	86,4	87,0	84,3	85,3	84,7	84,4	83,8	87,9	86,5
250	91,3	86,1	85,9	82,7	85,6	85,6	88,4	89,0	87,9	89,6	87,8
315	91,2	89,1	88,4	84,6	90,6	89,1	93,7	90,1	91,8	91,2	90,5
400	85,0	89,2	85,0	86,3	85,6	90,4	88,6	89,3	86,7	88,5	87,9
500	88,0	86,0	84,4	84,1	85,5	86,6	89,0	86,7	85,7	86,9	86,5
630	83,6	85,8	83,2	83,2	85,5	86,6	85,6	85,6	85,4	84,4	85,0
800	85,2	83,5	80,3	82,0	83,7	85,4	86,0	84,1	83,7	84,2	84,1
1000	81,3	83,4	78,3	81,8	82,7	81,9	82,3	80,2	81,1	82,4	81,7
1250	80,4	81,4	81,4	79,8	80,8	81,5	84,7	82,4	82,8	82,2	82,0
1600	82,6	83,4	81,0	80,8	82,0	82,5	83,1	81,9	83,2	83,8	82,5
2000	80,5	81,5	80,0	80,9	80,1	80,4	81,8	82,0	82,4	82,3	81,3
2500	79,8	78,4	79,1	79,5	78,8	80,9	81,9	80,3	80,7	81,3	80,2
3150	78,4	78,9	77,3	78,1	77,4	79,5	80,2	78,6	81,3	78,1	79,0
4000	76,7	75,9	73,7	75,4	73,1	76,7	79,0	77,0	77,8	75,6	76,4
5000	76,2	74,4	74,1	74,6	74,6	77,3	78,2	75,7	76,7	76,0	76,0
GLOBAL A [dBA]	93,7	93,6	91,7	91,9	92,9	94,1	95,3	93,8	94,0	94,1	93,6

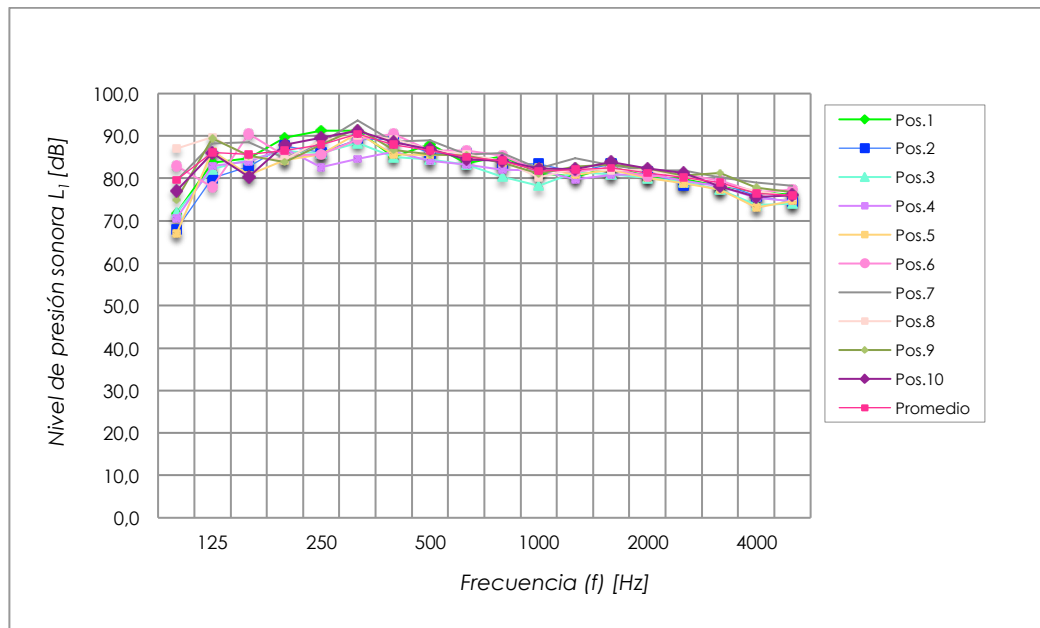


Figura 7.18. Espectros obtenidos a partir de los niveles de presión sonora registrados en cada una de las posiciones elegidas en el recinto emisor.

Como se observa el espectro sonoro en el recinto emisor es plano, salvo en baja frecuencia, donde existe una diferencia de nivel mayor de 6 dB (6,4dB) entre las bandas de tercio de octava de 100 Hz y 125Hz. La fuente omnidireccional DO12 en baja frecuencia a máxima potencia entrega menos nivel para la banda de 100Hz. Si disminuimos la potencia de la etapa, mejoramos la respuesta plana pero empeoramos la relación S/N en el recinto receptor.

- Nivel de presión sonora medido en el recinto receptor (L2)

Nivel de presión sonora medido en el recinto receptor L2 [dB]											
Frec.(Hz)	Pos1	Pos2	Pos3	Pos4	Pos5	Pos6	Pos7	Pos8	Pos9	Pos10	Promedio
100	46,8	42,4	36,2	39,8	41,6	45,1	50,6	45,3	50,4	52,7	47,6
125	54,3	55,4	52,6	53,6	53,6	52,1	51,6	45,3	53,5	49,1	52,8
160	50,8	52,0	50,3	49,4	52,3	48,1	50,1	45,9	50,5	49,6	50,2
200	54,6	55,7	56,9	48,0	59,6	48,0	54,5	52,9	48,6	56,2	55,0
250	53,8	49,3	50,4	53,0	50,9	50,7	47,8	45,0	47,8	52,7	50,8
315	51,4	49,5	47,5	48,7	49,8	52,1	46,3	46,2	48,3	48,6	49,2
400	45,0	45,5	45,3	45,1	45,1	47,8	45,9	47,7	48,8	46,3	46,5
500	43,5	44,4	44,4	44,4	44,6	44,8	42,0	46,0	45,8	42,9	44,4
630	42,8	40,2	41,2	42,5	40,6	43,1	42,0	42,0	42,8	42,3	42,0
800	39,7	40,7	40,8	40,5	40,2	40,2	40,5	38,7	38,2	40,6	40,1
1000	36,8	36,5	36,9	36,9	39,9	36,9	37,2	34,5	37,1	38,8	37,4
1250	36,2	35,5	35,7	35,9	37,2	36,2	37,0	35,3	37,4	37,6	36,5
1600	35,2	35,8	35,1	35,4	37,1	35,9	37,0	35,0	35,7	37,2	36,0
2000	35,8	34,7	35,1	34,7	38,4	35,9	36,9	35,3	35,2	38,2	36,2
2500	37,8	37,6	37,0	35,5	42,7	36,3	38,5	36,6	37,1	41,9	38,8
3150	38,1	39,5	39,3	38,6	44,2	37,1	39,2	37,1	37,3	42,1	39,9
4000	35,1	35,1	35,5	35,0	38,4	34,5	36,1	34,0	34,6	37,7	35,8
5000	34,4	33,9	34,9	33,8	36,2	33,6	35,0	33,8	34,3	37,0	34,8
GLOBAL A [dBA]	52,6	52,1	52,1	51,5	54,3	52,0	51,6	50,8	51,6	53,3	52,3

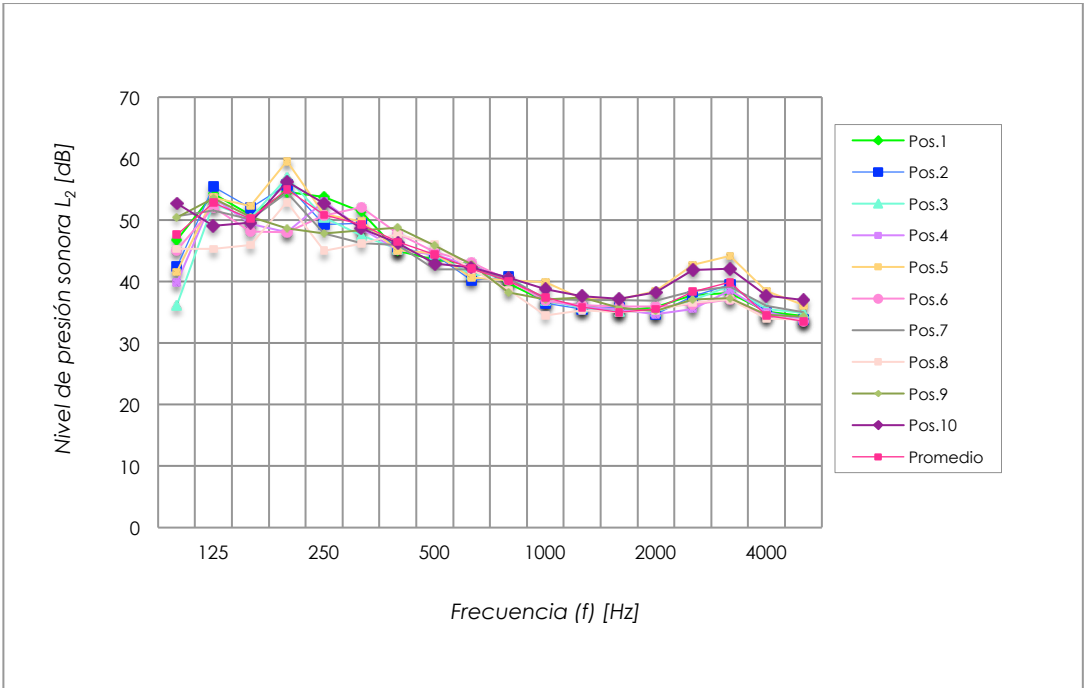


Figura 7.19. Espectros obtenidos a partir de los niveles de presión sonora registrados en cada una de las posiciones elegidas en el recinto receptor.

- Nivel de presión sonora del ruido de fondo medido en el recinto receptor (LRF)

Frec.(Hz)	Pos1	Pos2	Pos3	Pos4	Pos5	Promedio
100	25,3	24,5	25,1	23,6	25,5	24,85
125	26,3	20,9	23,6	23,2	25,9	24,40
160	25,3	22,1	23,5	21,6	24,8	23,70
200	22,2	23,6	23,2	23	22,5	22,93
250	27,1	27,3	29,6	29,3	25,1	27,97
315	25,8	28,9	27,5	28,1	24,3	27,22
400	28,6	25,9	25,8	26,8	24	26,48
500	26,4	26,1	26,5	25,9	25,2	26,04
630	26	26,4	25,3	26,2	25,3	25,86
800	26,4	26,7	27,1	26,9	26,1	26,65
1000	26,8	26,6	26,7	26,8	26,4	26,66
1250	27,6	27,6	28	27,6	27	27,57
1600	29,1	28,8	29,5	29,3	28,8	29,11
2000	28,1	28	28,1	28,3	27,8	28,06
2500	28,9	28,9	29,1	29,1	28,8	28,96
3150	29,9	29,6	30	30	29,6	29,82
4000	31,1	31	31,2	31,3	31	31,12
5000	31,9	31,8	31,9	31,8	31,9	31,86
GLOBAL A [dBA]	40,0	39,9	40,1	40,1	39,7	39,9

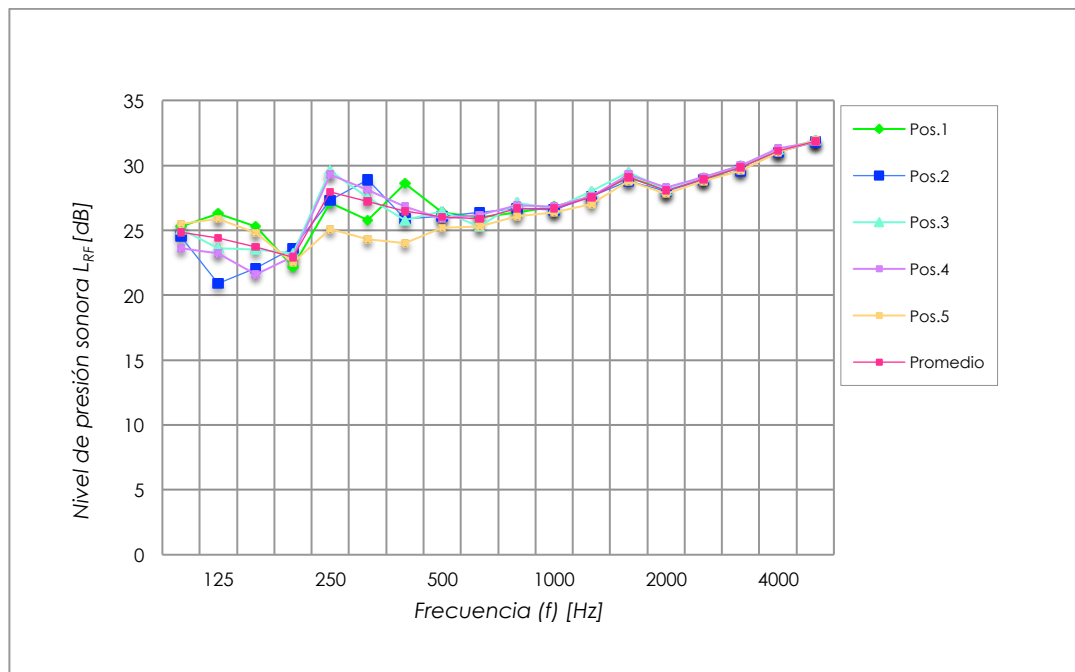


Figura 7.20. Espectros obtenidos a partir de los niveles de presión sonora registrados en cada una de las posiciones elegidas en el recinto receptor.

- Nivel de presión sonora medido en el recinto receptor corregido (L2c)

Nivel de presión sonora medido en el recinto emisor L2c [dB]				
Frec.(Hz)	L2	LRF	L2 - LRF	L2c
100	47,56	24,85	22,7	47,6
125	52,79	24,40	28,4	52,8
160	50,22	23,70	26,5	50,2
200	54,99	22,93	32,1	55,0
250	50,84	27,97	22,9	50,8
315	49,24	27,22	22,0	49,2
400	46,46	26,48	20,0	46,5
500	44,43	26,04	18,4	44,4
630	42,04	25,86	16,2	42,0
800	40,09	26,65	13,4	40,1
1000	37,36	26,66	10,7	37,4
1250	36,47	27,57	8,9	35,9
1600	36,02	29,11	6,9	35,0
2000	36,23	28,06	8,2	35,5
2500	38,78	28,96	9,8	38,3
3150	39,89	29,82	10,1	39,89
4000	35,83	31,12	4,7	34,53
5000	34,83	31,86	3,0	33,53
GLOBAL A [dBA]	52,3	39,9		52,2

Se corrige el espectro del nivel de presión sonora medido en el recinto receptor por ruido de fondo para las bandas de tercio de octava desde 1,25 hasta 2,5kHz en las que la diferencia entre el nivel de presión sonora y el ruido de fondo es menor de 10dB pero mayor de 6dB, y para 4 y 5kHz donde no se alcanzan los 6dB.

- Tiempo de reverberación medido en el recinto receptor (T₂)

Tiempo de reverberación medido en el recinto receptor T [s]							
Frec.(Hz)	Pos1	Pos2	Pos3	Pos4	Pos5	Pos6	Promedio
100	0,38	0,45	0,50	0,45	0,50	0,48	0,45
125	0,30	0,37	0,37	0,30	0,35	0,36	0,34
160	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,28	0,29
200	0,32	0,31	0,33	0,31	0,31	0,33	0,32
250	0,25	0,25	0,22	0,25	0,22	0,24	0,24
315	0,19	0,20	0,22	0,19	0,19	0,22	0,20
400	0,23	0,24	0,26	0,23	0,25	0,25	0,24
500	0,23	0,20	0,26	0,22	0,20	0,22	0,22
630	0,19	0,19	0,19	0,19	0,20	0,19	0,19
800	0,20	0,21	0,28	0,21	0,22	0,21	0,22
1000	0,20	0,20	0,25	0,20	0,25	0,25	0,22
1250	0,17	0,20	0,26	0,18	0,19	0,24	0,20
1600	0,20	0,22	0,21	0,22	0,21	0,21	0,21
2000	0,21	0,21	0,20	0,20	0,22	0,22	0,21
2500	0,21	0,21	0,21	0,21	0,20	0,21	0,21
3150	0,22	0,23	0,21	0,22	0,23	0,21	0,22
4000	0,22	0,22	0,22	0,22	0,21	0,22	0,22
5000	0,22	0,21	0,23	0,21	0,21	0,23	0,22

Es una sala muy pequeña, con un $V = 10,5 \text{ m}^3$, por lo que se pueden producir fenómenos de resonancia relacionados con las dimensiones y la geometría de la misma. No obstante la geometría irregular de la sala, puede contrarrestar la incidencia de los modos propios.

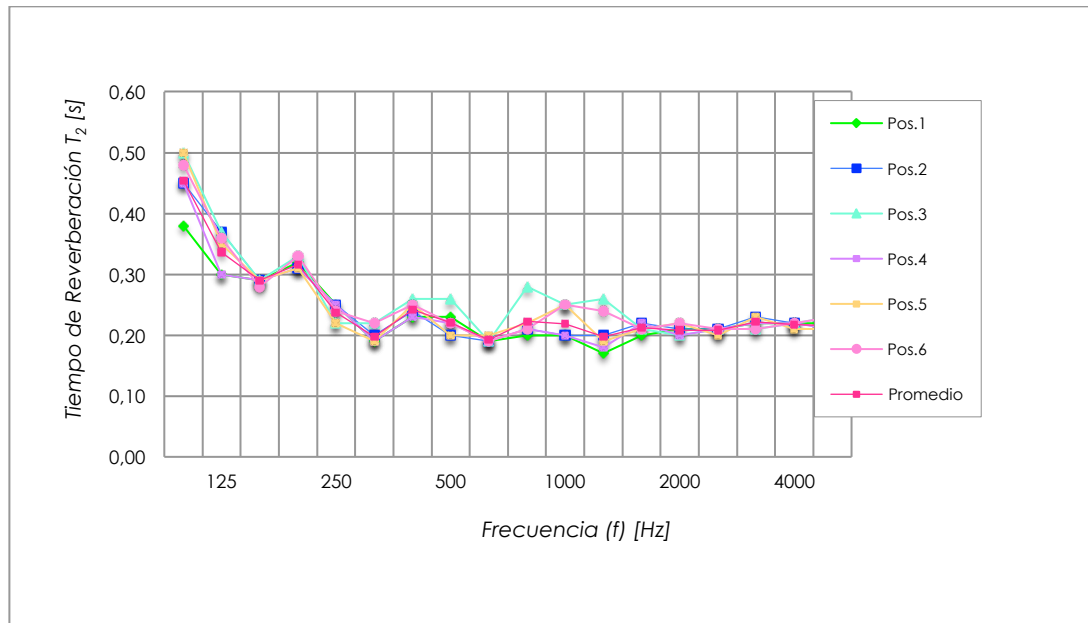


Figura 7.21. Espectros obtenidos a partir de los tiempos de reverberación medidos en cada una de las posiciones elegidas en el recinto receptor.

- Índice de reducción acústica aparente R'

Índice de reducción acústica aparente R' [dB]				
Frec.(Hz)	L1	L2c	T	R'
100	79,6	47,6	0,45	33,6
125	86,1	52,8	0,34	33,5
160	85,7	50,2	0,29	35,0
200	86,5	55,0	0,32	31,4
250	87,8	50,8	0,24	35,7
315	90,5	49,2	0,20	39,2
400	87,9	46,5	0,24	40,2
500	86,5	44,4	0,22	40,5
630	85,0	42,0	0,19	40,8
800	84,1	40,1	0,22	42,4
1000	81,7	37,4	0,22	42,7
1250	82,0	35,9	0,20	44,0
1600	82,5	35,0	0,21	45,7
2000	81,3	35,5	0,21	43,9
2500	80,2	38,3	0,21	40,0
3150	79,0	39,9	0,22	37,5
4000	76,4	34,5	0,22	$\geq 40,2$
5000	76,0	33,5	0,22	$\geq 40,7$
GLOBAL A [dBA]				≥ 55

Donde el volumen del recinto receptor es de $V = 10,5 \text{ m}^3$ y la superficie del elemento separador $S_s = 5,25 \text{ m}^2$.

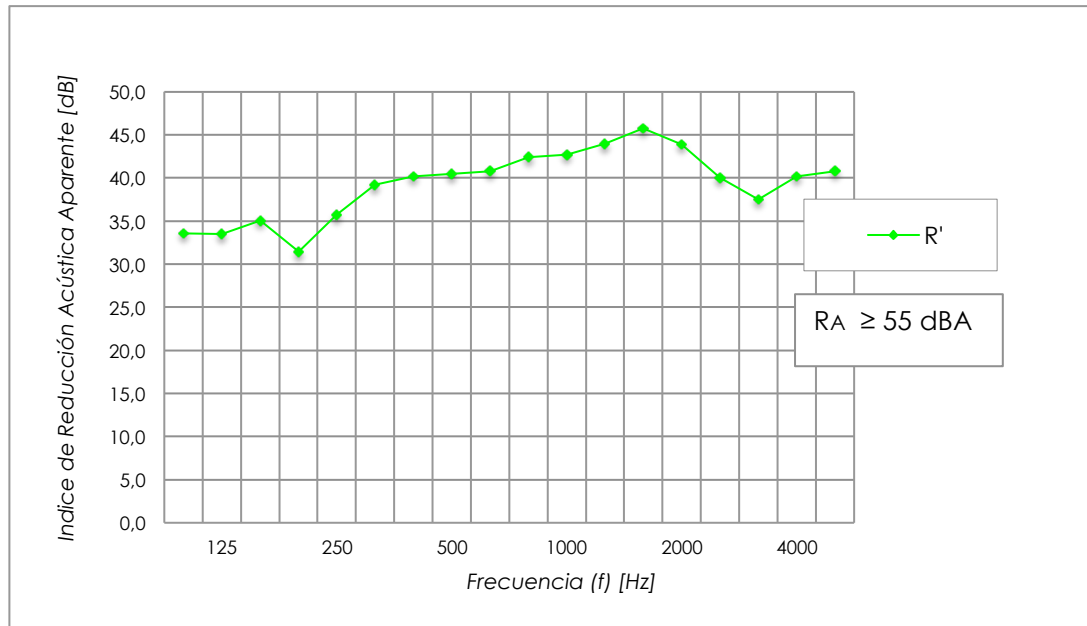


Figura 7.22. Espectros obtenidos del índice de reducción acústica aparente para tabiquería interior

El tabique ensayado presenta un índice de reducción acústica aparente $R'A \geq 55\text{dBA}$, superior al exigido en el DB HR. Cabe destacar que se trata de un tabique de fábrica de unos 14 cm de espesor, con cámara de aire (No existen datos exactos del elemento constructivo). En baja frecuencia el aislamiento acústico a ruido aéreo es menor, ya que para estas frecuencias la transmisión está controlada por la rigidez del panel.

B. ENSAYO DE AISLAMIENTO A RUIDO AÉREO – MEDIANERA ENTRE UNIDADES DE USO

- Nivel de presión sonora medido en el recinto emisor (L_1)

Nivel de presión sonora medido en el recinto emisor L_1 [dB]											
Frec.(Hz)	Pos1	Pos2	Pos3	Pos4	Pos5	Pos6	Pos7	Pos8	Pos9	Pos10	Promedio
100	85,7	79,8	83,8	81,4	77,9	76,8	78,7	83,2	80,4	86,7	76,8
125	82,3	86,4	84,1	80,3	86,4	81,4	83,3	83,7	86,0	93,1	81,4
160	88,4	91,1	88,2	86,5	89,7	91,2	91,3	89,7	93,5	94,2	91,2
200	92,4	92,4	88,3	86,5	92,3	91,9	93,2	89,6	91,8	91,3	91,9
250	90,5	88,3	90,3	88,7	88,8	91,7	90,8	91,0	92,0	90,1	91,7
315	88,8	89,8	88,3	87,7	83,7	88,2	92,5	90,0	91,6	89,5	88,2
400	87,8	86,6	86,3	86,7	85,1	88,8	89,1	90,3	86,5	85,7	88,8
500	88,2	87,9	84,9	84,8	85,9	87,3	89,0	87,5	89,0	86,7	87,3
630	85,6	86,7	85,5	82,6	84,7	87,2	87,6	86,6	83,8	86,4	87,2
800	85,4	84,8	84,3	83,4	82,6	82,8	86,4	84,8	84,7	85,3	82,8
1000	83,8	82,1	82,1	80,5	80,3	82,9	84,2	84,3	83,2	82,3	82,9
1250	82,8	82,5	80,0	81,7	81,6	80,7	83,7	82,4	84,0	81,8	80,7
1600	82,9	82,9	83,8	81,8	81,6	84,1	83,2	82,6	85,4	84,1	84,1
2000	83,9	81,8	83,5	81,3	81,0	82,6	82,5	84,0	84,1	82,3	82,6
2500	81,9	81,2	81,8	79,8	80,8	81,6	81,2	82,1	83,7	80,8	81,6
3150	80,2	80,3	80,3	78,1	78,2	80,1	80,3	80,4	82,6	80,2	80,1
4000	78,9	77,5	77,3	77,0	77,5	76,8	78,3	78,4	80,1	76,9	76,8
5000	77,9	76,6	76,9	75,4	76,2	77,2	77,8	77,7	79,2	76,6	77,2
GLOBAL A [dBA]	94,9	94,4	93,9	92,7	92,9	94,6	95,7	95,1	95,7	94,5	94,6

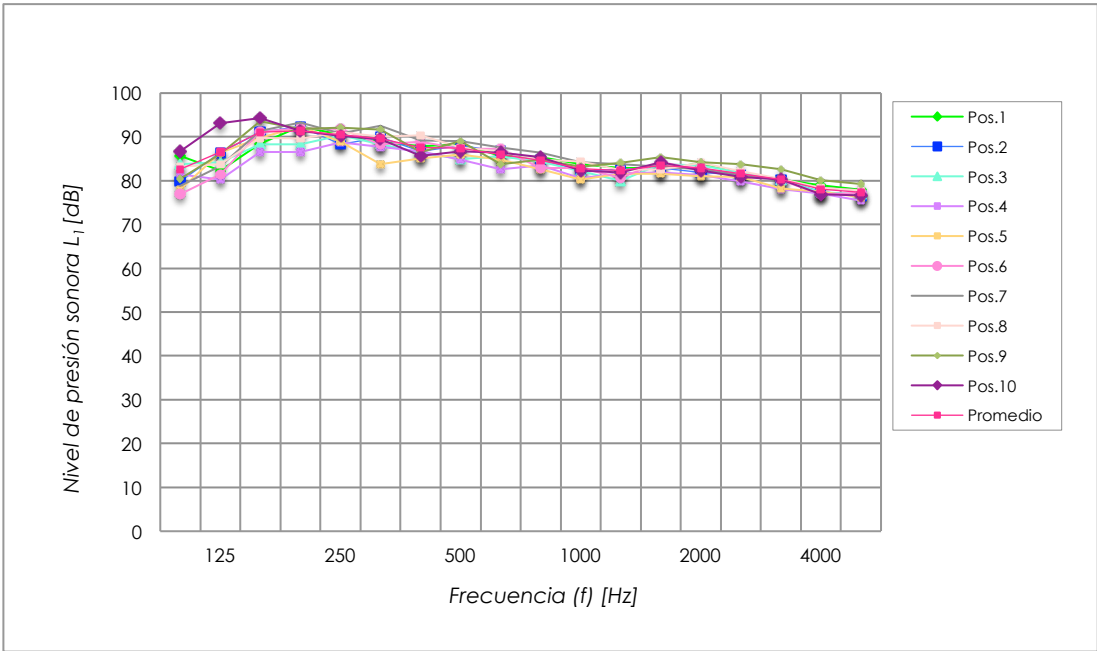


Figura 7.23. Espectros obtenidos a partir de los niveles de presión sonora registrados en cada una de las posiciones elegidas en el recinto emisor.

• Nivel de presión sonora medido en el recinto receptor (L2)

Nivel de presión sonora medido en el recinto receptor L2 [dB]											
Frec.(Hz)	Pos1	Pos2	Pos3	Pos4	Pos5	Pos6	Pos7	Pos8	Pos9	Pos10	Promedio
100	44,4	51,5	49,6	48,6	42,3	47,7	49,5	49,0	41,9	46,4	48,0
125	51,8	48,2	46,3	49,9	44,6	48,2	45,6	44,0	40,6	45,1	47,5
160	47,8	50,0	47,3	49,3	40,6	48,8	53,5	50,4	49,0	48,0	49,4
200	44,8	45,4	48,6	45,9	42,8	42,4	43,5	43,9	41,3	45,9	44,9
250	45,0	45,0	43,8	41,5	42,0	43,0	45,4	46,1	42,3	44,4	44,1
315	39,9	38,4	43,0	40,7	40,6	43,2	41,0	43,5	42,8	43,5	42,0
400	36,8	35,0	38,6	38,4	36,2	38,0	36,5	36,8	36,1	37,5	37,1
500	35,7	32,8	35,2	32,7	32,5	33,8	34,1	37,0	34,2	34,4	34,5
630	33,0	31,9	32,9	32,4	31,8	31,1	31,0	35,0	32,0	33,1	32,6
800	31,2	31,6	33,6	31,3	31,3	31,5	30,6	34,1	32,4	33,4	32,3
1000	30,2	30,1	32,1	30,2	30,9	29,9	30,0	31,9	30,7	31,8	30,9
1250	30,5	30,7	31,3	30,8	32,0	30,2	30,4	31,1	30,6	31,7	31,0
1600	29,6	29,8	32,2	30,0	31,0	29,0	29,3	31,2	29,9	31,3	30,4
2000	29,5	29,6	30,4	30,0	30,3	29,4	29,1	30,1	29,5	30,3	29,8
2500	30,7	30,0	31,3	30,5	30,6	30,0	29,8	30,3	30,0	30,4	30,4
3150	30,3	30,3	31,2	30,6	30,7	30,1	30,1	30,3	30,2	30,4	30,4
4000	31,4	31,2	32,0	31,2	31,7	31,2	31,3	31,5	31,2	31,2	31,4
5000	32,8	33,2	33,2	33,2	33,2	33,1	33,1	32,8	33,2	33,2	33,1
GLOBAL A [dBA]	45,2	45,1	46,0	45,1	44,0	44,9	45,7	46,0	44,5	45,5	45,3

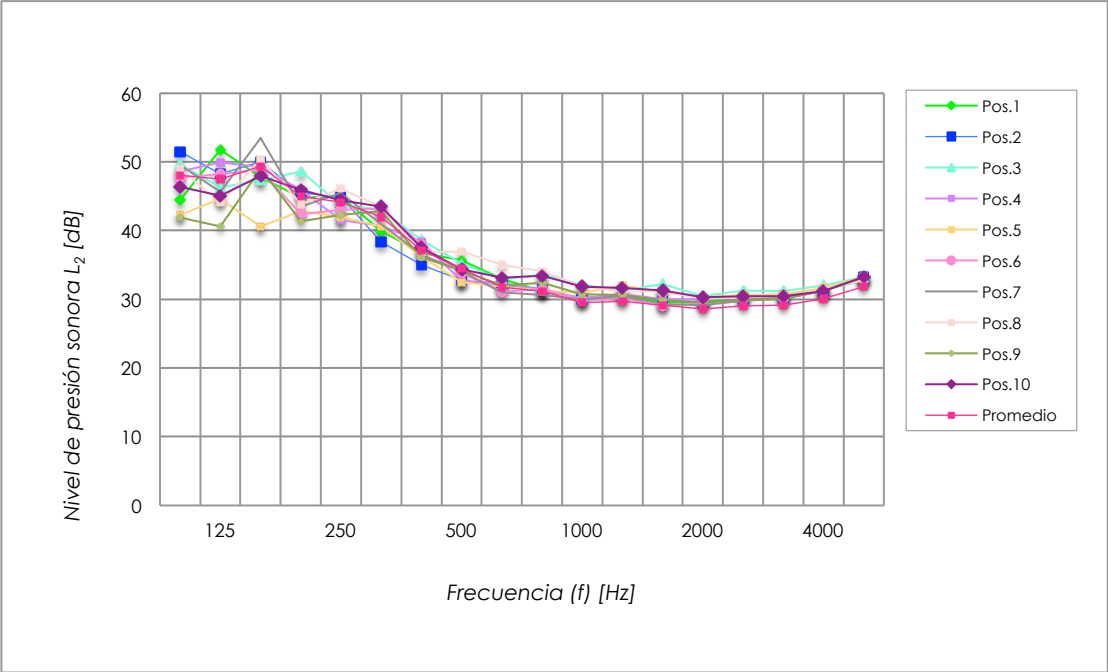


Figura 7.24. Espectros obtenidos a partir de los niveles de presión sonora registrados en cada una de las posiciones elegidas en el recinto receptor.

- Nivel de presión sonora del ruido de fondo medido en el recinto receptor (LRF)

Nivel de presión sonora RF medido en el recinto receptor LRF [dB]						
Frec.(Hz)	Pos1	Pos2	Pos3	Pos4	Pos5	Promedio
100	25,7	28,8	23,5	25,6	25,9	26,2
125	23,6	23,3	23,2	23,3	25,2	23,8
160	21,1	21,2	22,3	23,0	26,1	23,2
200	23,2	24,9	22,1	23,9	22,9	23,5
250	23,7	22,6	22,3	22,7	24,1	23,1
315	23,4	23,8	22,4	23,2	25,0	23,6
400	24,4	26,5	23,6	24,8	24,0	24,8
500	24,1	24,6	23,8	24,2	24,0	24,1
630	25,0	25,1	24,8	25,3	24,8	25,0
800	25,8	26,4	25,4	25,4	25,7	25,8
1000	27,5	27,4	26,6	27,1	26,8	27,1
1250	29,2	29,5	28,6	29,3	29,0	29,1
1600	27,2	27,6	26,9	27,4	27,0	27,2
2000	28,0	28,5	27,9	28,0	28,0	28,1
2500	29,2	29,6	28,8	29,1	28,9	29,1
3150	30,5	30,7	30,2	30,2	30,1	30,3
4000	31,0	31,3	30,9	30,8	30,7	30,9
5000	33,6	33,9	33,1	33,3	33,1	33,4
GLOBAL A [dBA]	40,3	40,6	39,9	40,1	39,9	40,2

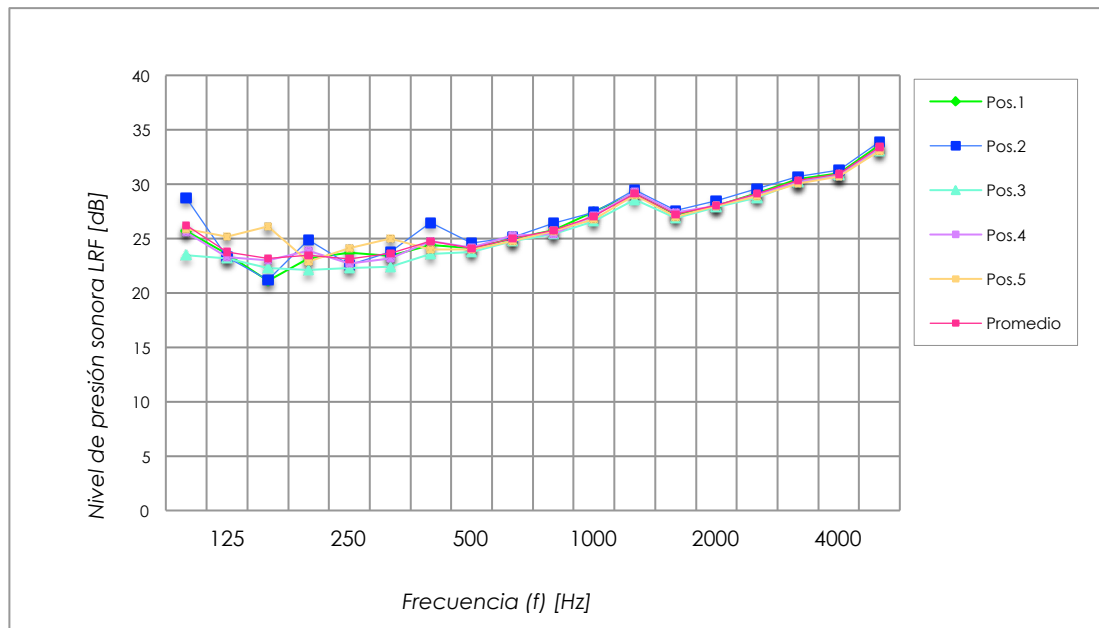


Figura 7.25. Espectros obtenidos a partir de los niveles de presión sonora registrados en cada una de las posiciones elegidas en el recinto receptor.

- Nivel de presión sonora medido en el recinto receptor corregido (L2c)

Nivel de presión sonora medido en el recinto emisor L2c [dB]				
Frec.(Hz)	L2	LRF	L2 - LRF	L2c
100	48,03	26,25	21,8	48,0
125	47,47	23,79	23,7	47,5
160	49,36	23,17	26,2	49,4
200	44,94	23,50	21,4	44,9
250	44,10	23,14	21,0	44,1
315	41,96	23,65	18,3	42,0
400	37,12	24,78	12,3	37,1
500	34,46	24,15	10,3	34,5
630	32,57	25,00	7,6	31,7
800	32,26	25,76	6,5	31,2
1000	30,86	27,09	3,8	29,6
1250	30,97	29,13	1,8	29,7
1600	30,44	27,23	3,2	29,1
2000	29,84	28,09	1,8	28,5
2500	30,38	29,13	1,3	29,1
3150	30,43	30,35	0,1	29,1
4000	31,40	30,94	0,5	30,1
5000	33,10	33,41	-0,3	31,8
GLOBAL A [dBA]	45,3	40,2		44,7

Se corrige el espectro del nivel de presión sonora medido en el recinto receptor por ruido de fondo para las bandas de tercio de octava desde 630Hz hasta 800Hz en las que la diferencia entre el nivel de presión sonora y el ruido de fondo es menor de 10dB pero mayor de 6dB, y para las bandas de tercio de octava desde 1kHz hasta 5kHz donde no se alcanzan los 6dB.

Los niveles de presión sonora medidos en el recinto receptor para alta frecuencia son mínimos, quedando por debajo incluso del nivel de ruido de fondo para la banda de tercio de octava de 5kHz. Esta circunstancia se ha visto afectada, entre otros motivos, porque los niveles de presión sonora registrados en el recinto emisor para las bandas de tercio de octava afectadas no son demasiado altos, con la etapa M-700 a máxima potencia entregando 350W por canal en modo estéreo.

- *Tiempo de reverberación medido en el recinto receptor (T_2)*

Tiempo de reverberación medido en el recinto receptor T_2 [s]							
Frec.(Hz)	Pos1	Pos2	Pos3	Pos4	Pos5	Pos6	Promedio
100	0,81	0,93	0,84	0,85	0,75	0,81	0,83
125	0,53	0,5	0,5	0,61	0,65	0,5	0,55
160	0,46	0,39	0,46	0,45	0,36	0,34	0,42
200	0,4	0,39	0,4	0,39	0,34	0,26	0,38
250	0,41	0,39	0,39	0,41	0,4	0,4	0,40
315	0,33	0,35	0,31	0,32	0,27	0,28	0,31
400	0,27	0,31	0,29	0,3	0,21	0,28	0,27
500	0,28	0,34	0,26	0,32	0,28	0,24	0,29
630	0,32	0,29	0,24	0,29	0,3	0,33	0,29
800	0,28	0,27	0,24	0,27	0,26	0,29	0,26
1000	0,28	0,29	0,25	0,26	0,26	0,23	0,27
1250	0,29	0,22	0,21	0,24	0,26	0,26	0,24
1600	0,25	0,24	0,24	0,27	0,23	0,25	0,25
2000	0,26	0,23	0,25	0,26	0,27	0,25	0,25
2500	0,25	0,25	0,25	0,27	0,27	0,28	0,26
3150	0,29	0,24	0,26	0,3	0,29	0,27	0,28
4000	0,28	0,25	0,23	0,28	0,26	0,28	0,26
5000	0,28	0,24	0,23	0,26	0,27	0,28	0,26

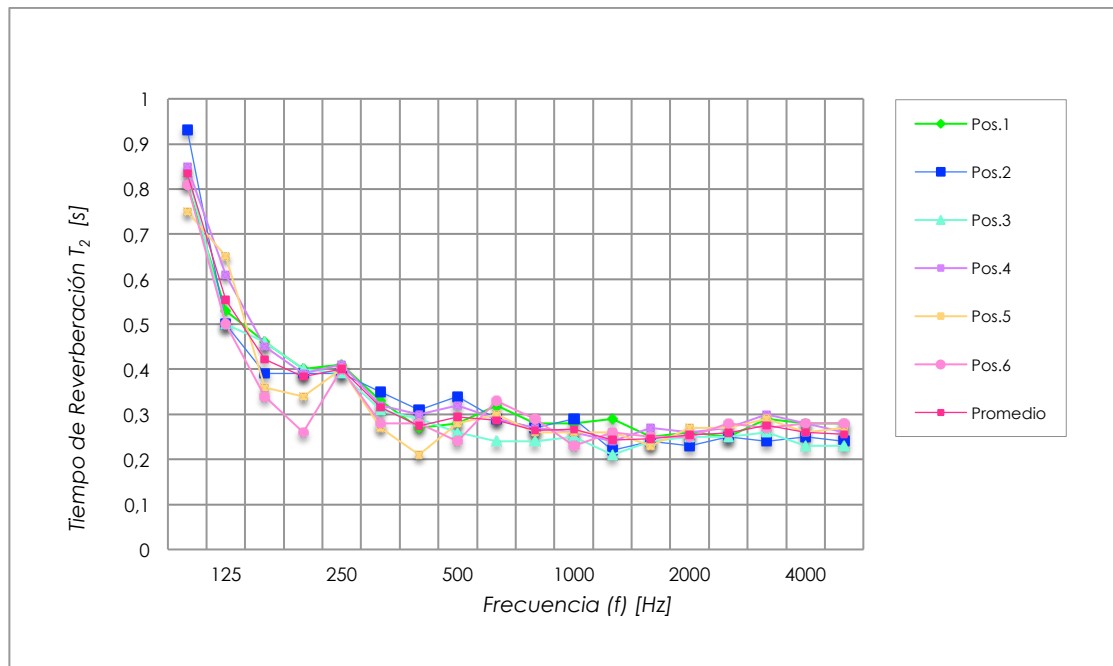


Figura 7.26. Espectros obtenidos a partir de los tiempos de reverberación medidos en cada una de las posiciones elegidas en el recinto receptor.

- Diferencia de niveles estandarizada, DnT

Diferencia de niveles estandarizada DnT [dB]				
Frec.(Hz)	L1	L2c	T	DnT
100	82,6	48,0	0,83	36,8
125	86,5	47,5	0,55	39,5
160	91,0	49,4	0,42	40,9
200	91,4	44,9	0,38	45,3
250	90,4	44,1	0,40	45,3
315	89,5	42,0	0,31	45,6
400	87,6	37,1	0,27	47,8
500	87,4	34,5	0,29	50,6
630	85,9	31,7	0,29	51,8
800	84,6	31,2	0,26	50,7
1000	82,8	29,6	0,27	$\geq 50,5$
1250	82,3	29,7	0,24	$\geq 49,5$
1600	83,4	29,1	0,25	$\geq 51,1$
2000	82,8	28,5	0,25	$\geq 51,3$
2500	81,6	29,1	0,26	$\geq 49,6$
3150	80,2	29,1	0,28	$\geq 48,5$
4000	78,0	30,1	0,26	$\geq 45,0$
5000	77,3	31,8	0,26	$\geq 42,5$
GLOBAL A [dBA]				$\geq 47,6$

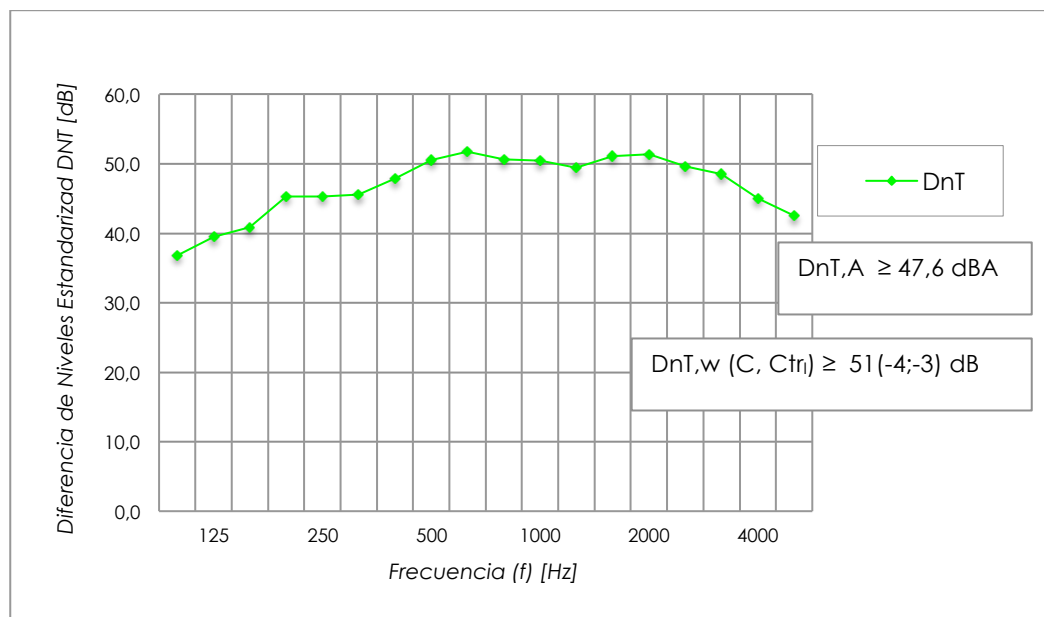


Figura 7.27. Espectros obtenidos de la diferencia de niveles estandarizada para medianera entre viviendas

La medianera ensayada presenta una diferencia de niveles estandarizada mínima de $DnT,A \geq 47,6$ dBA, valor inferior al exigido en el DB HR. En baja frecuencia el aislamiento acústico a ruido aéreo es menor, ya que para estas frecuencias la transmisión está controlada por la rigidez de la pared. En alta frecuencia los niveles de aislamiento a ruido aéreo son mínimos como consecuencia de la corrección del nivel en el recinto emisor por ruido de fondo.

C. ENSAYO DE AISLAMIENTO A RUIDO AÉREO Y A RUIDO DE IMPACTO – FORJADO

RUIDO AÉREO

- Nivel de presión sonora medido en el recinto emisor (L1)

Nivel de presión sonora medido en el recinto emisor L1 [dB]											
Frec.(Hz)	Pos1	Pos2	Pos3	Pos4	Pos5	Pos6	Pos7	Pos8	Pos9	Pos10	Promedio
100	79,0	72,2	78,6	76,9	65,4	82,2	82,0	82,7	83,2	79,6	80,1
125	99,6	97,2	93,4	82,7	91,6	95,4	95,1	86,8	85,7	93,6	94,5
160	97,3	93,4	94,3	85,7	92,2	94,8	95,7	95,3	93,9	93,9	94,4
200	96,0	97,7	97,2	91,5	88,1	95,9	97,4	95,7	88,1	92,2	95,1
250	101,8	96,8	97,6	94,2	92,8	97,0	96,9	94,3	90,1	95,5	96,8
315	98,9	96,4	97,5	90,8	90,0	94,0	99,1	90,1	92,2	90,3	95,4
400	95,3	92,8	94,6	87,9	88,6	92,0	95,0	91,8	90,2	92,7	92,7
500	93,4	93,2	90,0	89,3	89,5	92,7	94,1	89,4	89,8	91,0	91,6
630	89,3	91,5	91,8	87,3	86,2	90,8	89,6	87,6	90,1	91,1	89,9
800	91,2	88,7	88,1	86,4	84,8	90,7	91,0	89,1	89,7	86,9	89,1
1000	85,3	86,7	87,1	85,0	83,6	86,2	86,1	85,5	83,0	86,0	85,6
1250	87,1	86,7	85,5	84,5	83,3	86,6	86,2	83,7	84,5	86,0	85,6
1600	89,1	88,0	86,3	84,7	85,4	87,4	87,5	85,0	86,7	86,3	86,8
2000	87,6	87,0	85,2	85,2	84,4	86,5	85,9	85,1	84,3	86,7	85,9
2500	87,1	85,4	85,2	83,0	82,9	86,3	85,2	84,0	83,9	84,3	84,9
3150	84,4	84,9	82,9	82,0	80,6	83,8	83,5	80,7	81,7	82,7	82,9
4000	82,3	81,4	80,5	78,9	78,7	81,6	80,3	79,7	78,2	80,0	80,3
5000	80,8	83	80,3	78,6	78,3	81,1	81,4	79,6	79,4	79,8	80,4
GLOBAL A [dBA]	101,0	99,6	99,3	96,2	95,7	99,2	100,1	97,2	97,1	98,0	98,6

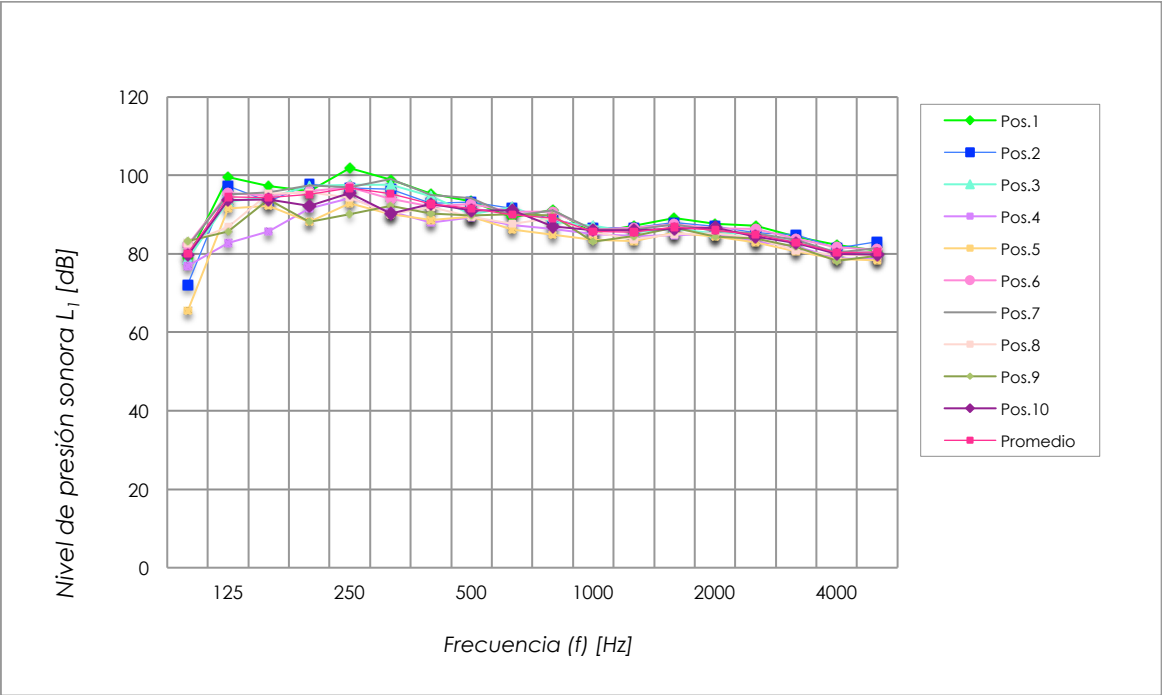


Figura 7.28. Espectros obtenidos a partir de los niveles de presión sonora registrados en cada una de las posiciones elegidas en el recinto emisor.

- Nivel de presión sonora medido en el recinto receptor (L_2)

Nivel de presión sonora medido en el recinto receptor L_2 [dB]											
Frec.(Hz)	Pos1	Pos2	Pos3	Pos4	Pos5	Pos6	Pos7	Pos8	Pos9	Pos10	Promedio
100	36,7	35,8	37,1	38,1	34,8	42,2	37,5	38,1	36,1	36,3	37,8
125	47,9	52,4	54,7	54,3	47,8	47,3	50,0	50,1	48,4	47,2	50,9
160	52,9	54,7	51,4	49,8	52,4	52,8	52,3	51,0	47,6	46,6	51,7
200	41,9	42,8	42,4	43,4	41,8	47,8	48,9	44,9	45,6	45,0	45,1
250	42,9	42,7	41,4	40,2	41,3	39,7	40,4	41,5	42,5	41,7	41,5
315	38,8	41,3	40,0	39,6	39,8	36,8	36,7	38,9	39,8	38,2	39,2
400	32,8	34,1	34,4	34,4	34,6	31,5	35,7	33,7	35,2	32,8	34,1
500	29,5	31,4	32,1	30,4	30,6	29,5	30,3	32,4	30,8	31,5	31,0
630	29,0	28,6	30,1	29,0	29,1	27,6	27,7	28,9	28,1	28,8	28,7
800	27,4	27,4	27,1	27,4	27,5	26,6	26,8	27,6	26,3	27,3	27,2
1000	26,4	26,6	26,4	26,3	26,5	26,7	26,4	26,5	26,6	26,7	26,5
1250	28,3	27,9	28,8	28,2	27,7	27,4	27,8	27,5	28,0	27,4	27,9
1600	28,5	28,4	28,5	28,6	28,6	28,5	28,6	28,6	28,7	28,8	28,6
2000	28,2	28,3	28,2	28,1	28,4	28,1	28,1	28,2	28,4	28,4	28,2
2500	28,9	29,1	29,0	28,9	29,1	28,9	29,0	29,0	29,0	29,2	29,0
3150	29,8	29,9	29,8	29,8	30,0	29,8	29,9	30,0	29,8	30,1	29,9
4000	30,6	30,7	30,7	30,5	30,8	30,5	30,6	30,9	30,7	30,8	30,7
5000	32,0	32,2	32,2	32,0	32,1	32,0	32,0	32,0	31,9	32,0	32,0
GLOBAL A [dBA]	44,3	45,6	44,9	44,3	44,1	44,4	44,8	44,1	43,6	43,1	44,4

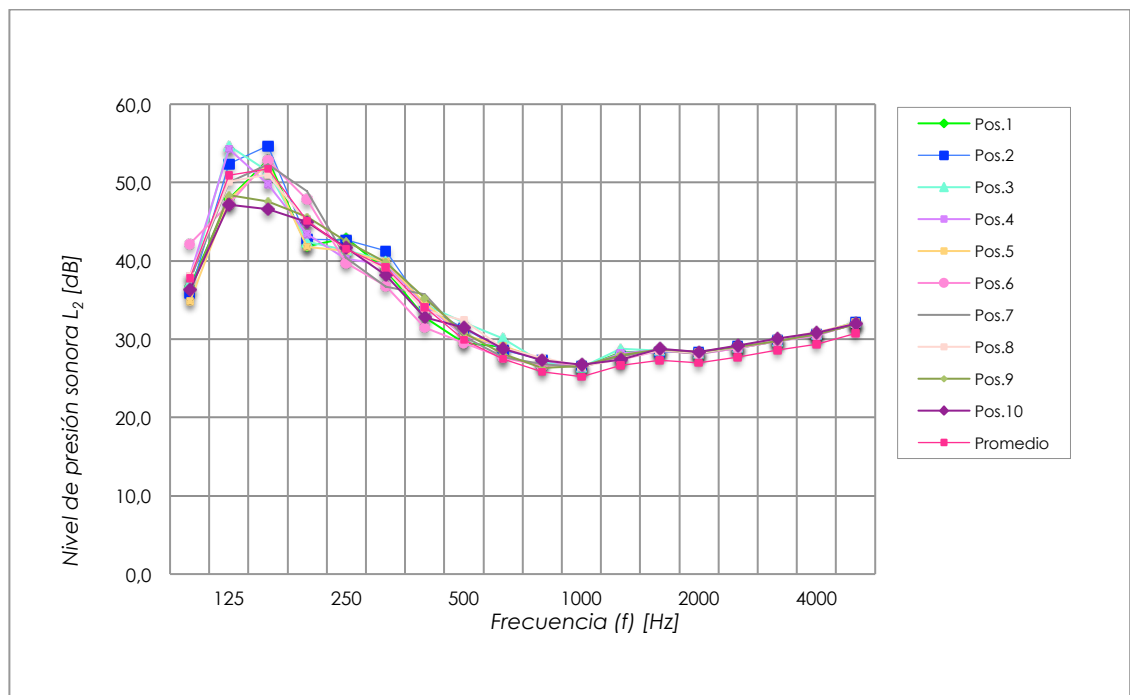


Figura 7.29. Espectros obtenidos a partir de los niveles de presión sonora registrados en cada una de las posiciones elegidas en el recinto receptor.

- Nivel de presión sonora del ruido de fondo medido en el recinto receptor (LRF)

Nivel de presión sonora RF medido en el recinto receptor LRF [dB]						
Frec.(Hz)	Pos1	Pos2	Pos3	Pos4	Pos5	Promedio
100	22,9	23,1	19,6	20,9	22,1	21,9
125	20,8	20,9	19,6	20,2	20,3	20,4
160	21,3	21,0	20,8	20,3	21,5	21,0
200	21,4	21,4	20,8	21,2	21,4	21,2
250	22,0	21,6	20,8	21,8	21,8	21,6
315	22,2	21,6	21,7	22,0	22,2	21,9
400	23,9	22,9	22,4	23,2	23,0	23,1
500	24,1	24,2	23,9	24,2	24,6	24,2
630	24,6	24,7	24,4	24,8	24,9	24,7
800	25,7	26,2	25,7	26,0	26,1	25,9
1000	25,5	26,2	25,6	26,1	26,0	25,9
1250	26,5	27,0	26,4	26,8	26,8	26,7
1600	28,1	28,5	28,3	28,7	28,6	28,4
2000	28,0	28,3	28,1	28,5	28,5	28,3
2500	28,9	29,1	28,9	29,5	29,4	29,2
3150	30,2	30,6	30,4	30,8	30,8	30,6
4000	31,0	31,3	31,2	31,4	31,4	31,3
5000	31,9	32,2	31,8	32,2	32,2	32,1
GLOBAL A [dBA]	39,6	39,9	39,6	40,0	40,0	39,8

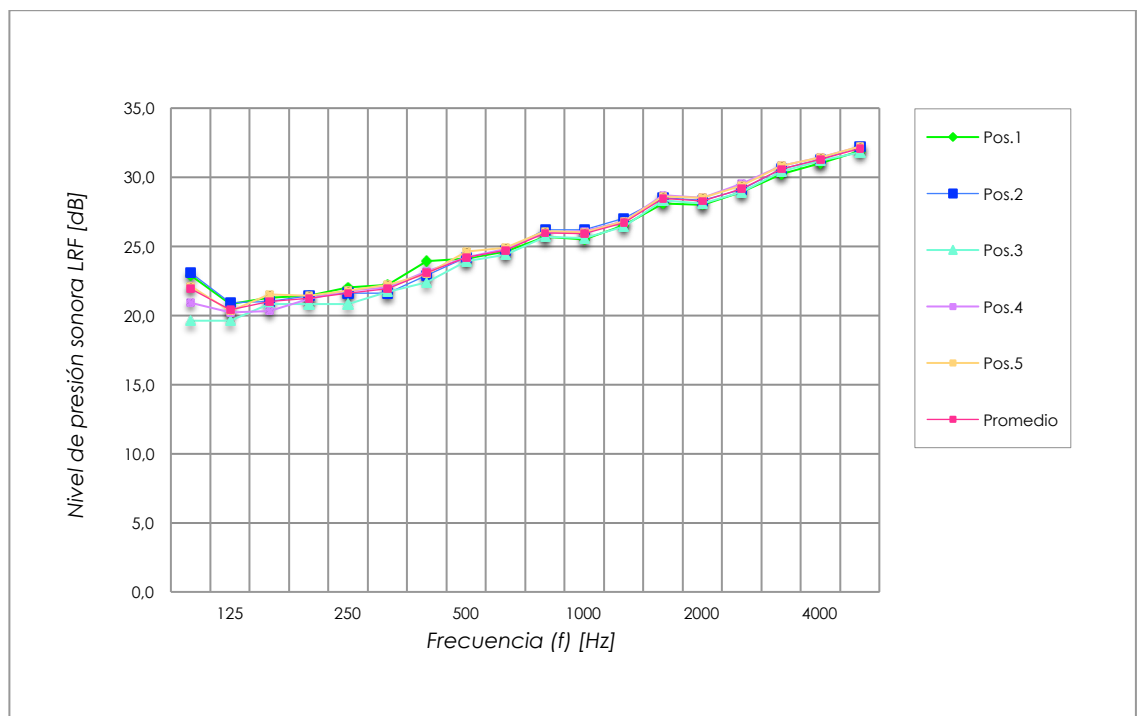


Figura 7.30. Espectros obtenidos a partir de los niveles de presión sonora registrados en cada una de las posiciones elegidas en el recinto receptor.

- Nivel de presión sonora medido en el recinto receptor corregido (L2c)

Nivel de presión sonora medido en el recinto emisor L2c [dB]				
Frec.(Hz)	L2	LRF	L2 - LRF	L2c
100	37,8	21,9	15,9	37,8
125	50,9	20,4	30,5	50,9
160	51,7	21,0	30,7	51,7
200	45,1	21,2	23,9	45,1
250	41,5	21,6	19,9	41,5
315	39,2	21,9	17,3	39,2
400	34,1	23,1	11,0	34,1
500	31,0	24,2	6,7	29,9
630	28,7	24,7	4,1	27,4
800	27,2	25,9	1,2	25,9
1000	26,5	25,9	0,6	25,2
1250	27,9	26,7	1,2	26,6
1600	28,6	28,4	0,1	27,3
2000	28,2	28,3	0,0	26,9
2500	29,0	29,2	-0,2	27,7
3150	29,9	30,6	-0,7	28,6
4000	30,7	31,3	-0,6	29,4
5000	32,0	32,1	0,0	30,7
GLOBAL A [dBA]	44,4	39,8		43,9

Se corrige el espectro del nivel de presión sonora medido en el recinto receptor por ruido de fondo para la banda de tercio de octava de 500 Hz en las que la diferencia entre el nivel de presión sonora y el ruido de fondo es menor de 10dB pero mayor de 6dB, y para las bandas de tercio de octava desde 630Hz hasta 5kHz donde no se alcanzan los 6dB.

Los niveles de presión sonora medidos en el recinto receptor para media y alta frecuencia son mínimos, quedando por debajo incluso del nivel de ruido de fondo para las bandas de tercio de octava de 2.5 , 3.15 y 4kHz. El nivel de ruido de fondo en el recinto receptor aumenta con la frecuencia y por tanto afecta negativamente a la medida del aislamiento. Por otro lado se repite la circunstancia anterior de que los niveles de emisión para estas bandas no son demasiado altos.

- *Tiempo de reverberación medido en el recinto receptor (T_2)*

Tiempo de reverberación medido en el recinto receptor T [s]							
Frec.(Hz)	Pos1	Pos2	Pos3	Pos4	Pos5	Pos6	Promedio
100	0,51	0,44	0,63	0,49	0,46	0,54	0,50
125	0,35	0,38	0,41	0,38	0,34	0,35	0,37
160	0,37	0,38	0,3	0,34	0,38	0,34	0,35
200	0,35	0,46	0,4	0,43	0,49	0,36	0,42
250	0,42	0,49	0,41	0,38	0,48	0,41	0,43
315	0,53	0,46	0,56	0,53	0,55	0,41	0,52
400	0,62	0,55	0,65	0,56	0,63	0,55	0,60
500	0,67	0,65	0,69	0,75	0,76	0,67	0,70
630	0,74	0,76	0,89	0,84	0,86	0,83	0,82
800	0,76	0,75	0,77	0,84	0,75	0,76	0,77
1000	0,68	0,66	0,73	0,67	0,79	0,75	0,70
1250	0,85	0,88	0,85	0,79	0,96	0,82	0,86
1600	0,71	0,75	0,74	0,72	0,75	0,68	0,73
2000	0,64	0,62	0,68	0,67	0,65	0,7	0,65
2500	0,58	0,53	0,56	0,57	0,55	0,58	0,56
3150	0,6	0,56	0,61	0,62	0,59	0,58	0,60
4000	0,59	0,59	0,62	0,63	0,64	0,61	0,61
5000	0,62	0,54	0,6	0,59	0,58	0,59	0,59

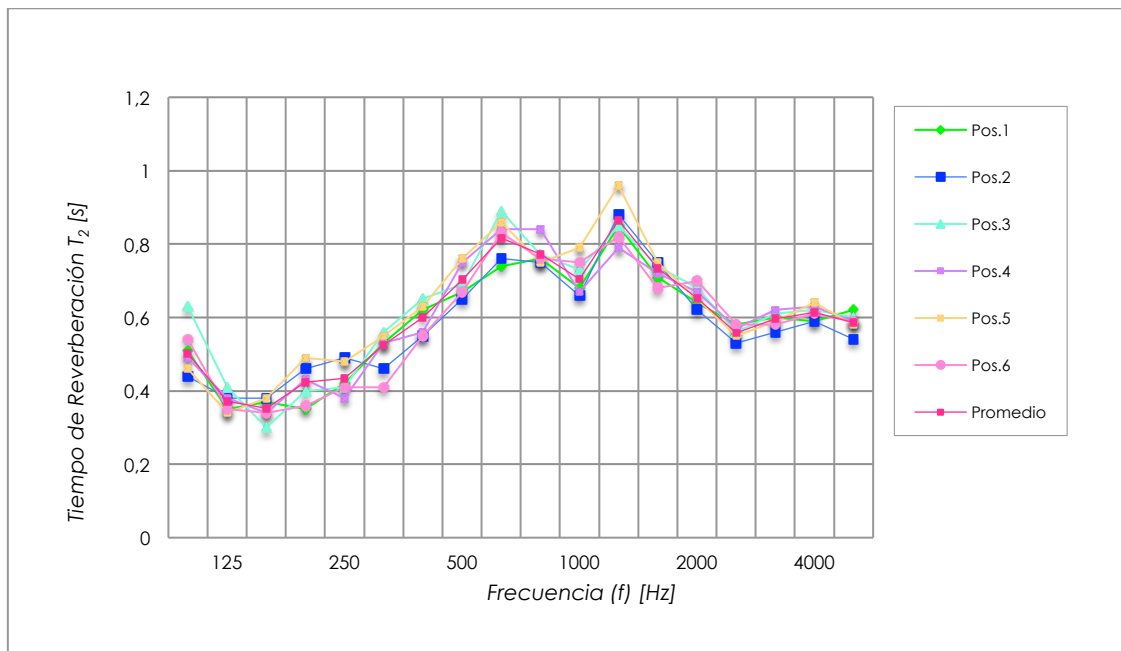


Figura 7.31. Espectros obtenidos a partir de los tiempos de reverberación medidos en cada una de las posiciones elegidas en el recinto receptor.

- *Diferencia de niveles estandarizada, DnT*

Diferencia de niveles estandarizada DnT [dB]				
Frec.(Hz)	L1	L2c	T	DnT
100	80,1	37,8	0,50	42,4
125	94,5	50,9	0,37	42,3
160	94,4	51,7	0,35	41,1
200	95,1	45,1	0,42	49,3
250	96,8	41,5	0,43	54,6
315	95,4	39,2	0,52	56,4
400	92,7	34,1	0,60	59,4
500	91,6	29,9	0,70	63,2
630	89,9	27,4	0,82	≥ 64,6
800	89,1	25,9	0,77	≥ 65,1
1000	85,6	25,2	0,70	≥ 61,9
1250	85,6	26,6	0,86	≥ 61,3
1600	86,8	27,3	0,73	≥ 61,2
2000	85,9	26,9	0,65	≥ 60,1
2500	84,9	27,7	0,56	≥ 57,7
3150	82,9	28,6	0,60	≥ 55,1
4000	80,3	29,4	0,61	≥ 51,9
5000	80,4	30,7	0,59	≥ 50,4
GLOBAL A [dBA]				≥ 55,3

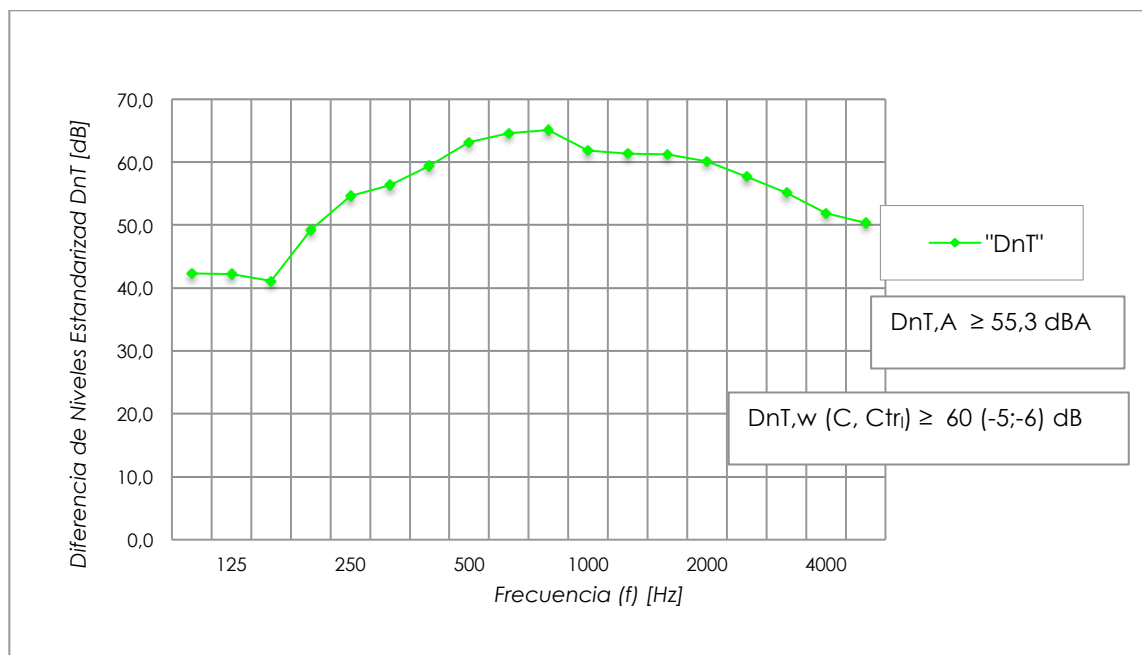


Figura 7.32. Espectros obtenidos de la diferencia de niveles estandarizada para forjado entre viviendas

El forjado ensayado presenta una diferencia de niveles estandarizada mínima de $DnT,A \geq 55,3$ dBA, valor que cumple las exigencias del DB HR. El forjado ensayado es de vigas y viguetas de madera relleno de capas de arena que le confieren masa al sistema y por tanto mejoran las propiedades del aislamiento a ruido aéreo. Por otro lado, los recintos en los que se pudo realizar el ensayo, han sufrido distintas reformas, como la instalación de un falso techo de pladur en el recinto receptor (inferior) y varias capas de acabado sobre el forjado inicial en el recinto emisor (superior). Los resultados obtenidos difieren mucho de los supuestos para las estimaciones, entre otras razones porque no hay apenas información sobre las características acústicas de los forjados de vigas madera.

RUIDO DE IMPACTO

- Nivel de presión sonora de ruido de impacto medido en el recinto receptor (L2)

Nivel de presión sonora de ruido de impacto medido en el recinto receptor L2 [dB]									
Frec.(Hz)	Pos1	Pos2	Pos3	Pos4	Pos5	Pos6	Pos7	Pos8	Promedio
100	58,8	61,2	59,3	56,8	56,3	57,4	57,5	60,3	58,8
125	59,5	61,4	58,4	60,4	57,4	59,1	60,5	56,8	59,4
160	54,8	55,9	56,6	60,1	54	57,9	57	59	57,3
200	56,8	58,6	56,9	55,9	56,1	56,3	54,4	55,2	56,4
250	53,1	55	55,8	52,9	57,8	52,8	58,7	51,5	55,4
315	49,8	51,9	54,5	52,9	56,4	51,2	52,7	51,4	53,1
400	46,2	46,6	50,4	49,5	51,7	51,9	49,1	51	50,0
500	45,4	44,5	49,8	48,8	46,3	45,6	44,8	44,8	46,7
630	39,1	40,7	47,1	46	43,7	44,1	44,4	43,9	44,2
800	34,5	34,2	44,2	42,9	38	39,2	36,9	40,8	40,1
1000	37,9	38,2	44,4	43,9	34,8	34,6	34,2	35,4	39,8
1250	33,5	34,1	41,8	41,1	31,5	33,5	31,4	32,5	37,0
1600	30,3	30,4	38,7	37,8	30,8	30,5	30,4	30,3	34,0
2000	29	29,4	38,8	39,7	30,7	29,8	30,3	29,5	34,5
2500	31,5	31,4	38,7	37,8	30,9	31	31	30,3	34,2
3150	30,6	30,5	35,2	35,5	30,8	31,6	31,1	30,9	32,5
4000	31,1	31,2	33	32,7	31,4	31,4	31,4	31,3	31,7
5000	32,2	32,1	32,3	32,4	31,9	32	32	31,9	32,1
GLOBAL A [dBA]	52,8	54,2	56,3	55,6	55,4	54,0	54,8	53,7	54,7

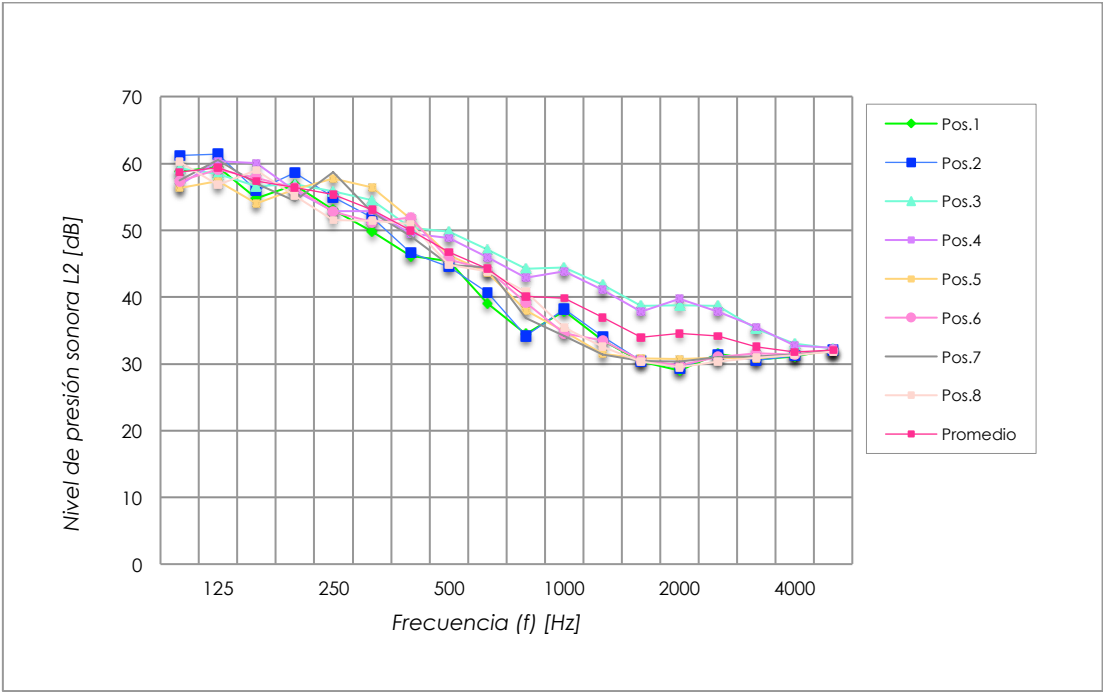


Figura 7.33. Espectros obtenidos a partir de los niveles de presión sonora de ruido de impacto registrados en cada una de las posiciones elegidas en el recinto receptor.

- Nivel de presión sonora del ruido de fondo medido en el recinto receptor (LRF)

Frec.(Hz)	Pos1	Pos2	Pos3	Pos4	Promedio
100	22,9	19,6	20,9	22,1	21,5
125	20,8	19,6	20,2	20,3	20,2
160	21,3	20,8	20,3	21,5	21,0
200	21,4	20,8	21,2	21,4	21,2
250	22,0	20,8	21,8	21,8	21,6
315	22,2	21,7	22,0	22,2	22,0
400	23,9	22,4	23,2	23,0	23,2
500	24,1	23,9	24,2	24,6	24,2
630	24,6	24,4	24,8	24,9	24,7
800	25,7	25,7	26,0	26,1	25,9
1000	25,5	25,6	26,1	26,0	25,8
1250	26,5	26,4	26,8	26,8	26,6
1600	28,1	28,3	28,7	28,6	28,4
2000	28,0	28,1	28,5	28,5	28,3
2500	28,9	28,9	29,5	29,4	29,2
3150	30,2	30,4	30,8	30,8	30,6
4000	31,0	31,2	31,4	31,4	31,3
5000	31,9	31,8	32,2	32,2	32,0
GLOBAL A [dBA]	39,6	39,6	40,0	40,0	39,8

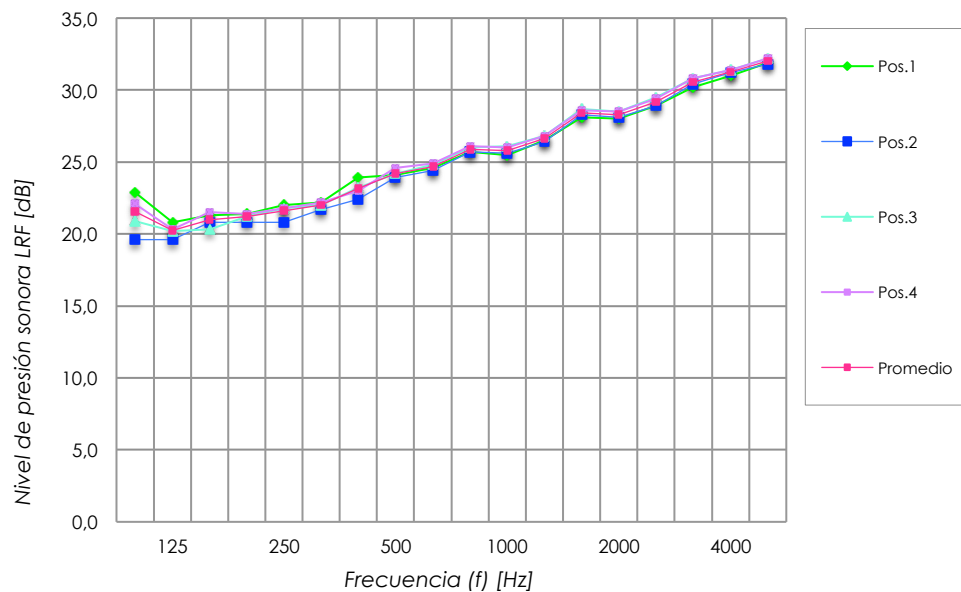


Figura 7.34. Espectros obtenidos a partir de los niveles de presión sonora registrados en cada una de las posiciones elegidas en el recinto receptor.

- *Nivel de presión sonora medido en el recinto receptor corregido (L2C)*

Nivel de presión sonora en el recinto corregido L2c [dB]				
Frec.(Hz)	L2	LRF	L2 - LRF	L2c
100	58,8	21,5	37,2	58,8
125	59,4	20,2	39,2	59,4
160	57,3	21,0	36,3	57,3
200	56,4	21,2	35,2	56,4
250	55,4	21,6	33,8	55,4
315	53,1	22,0	31,0	53,1
400	50,0	23,2	26,8	50,0
500	46,7	24,2	22,5	46,7
630	44,2	24,7	19,6	44,2
800	40,1	25,9	14,3	40,1
1000	39,8	25,8	14,0	39,8
1250	37,0	26,6	10,3	37,0
1600	34,0	28,4	5,6	32,7
2000	34,5	28,3	6,2	33,3
2500	34,2	29,2	5,0	32,9
3150	32,5	30,6	2,0	31,2
4000	31,7	31,3	0,5	30,4
5000	32,1	32,0	0,1	30,8
GLOBAL A [dBA]	54,7	39,8		54,7

Se corrige el espectro del nivel de presión sonora medido en el recinto receptor producido por la máquina de impacto, por ruido de fondo para las bandas de tercio de octava de 1.6 kHz hasta 5kHz en las que la diferencia entre el nivel de presión sonora y el ruido de fondo es menor de 6dB, salvo la banda de 2kHz en la que el nivel es menor que 10dB. El número de bandas afectadas por el ruido de fondo disminuye debido a que los niveles medidos en el recinto receptor producidos por la máquina de impactos son mayores.

- *Tiempo de reverberación medido en el recinto receptor (T₂)*

Tiempo de reverberación medido en el recinto receptor T [s]							
Frec. (Hz)	Pos1	Pos2	Pos3	Pos4	Pos5	Pos6	Promedio
100	0,51	0,44	0,63	0,49	0,46	0,54	0,50
125	0,35	0,38	0,41	0,38	0,34	0,35	0,37
160	0,37	0,38	0,3	0,34	0,38	0,34	0,35
200	0,35	0,46	0,4	0,43	0,49	0,36	0,42
250	0,42	0,49	0,41	0,38	0,48	0,41	0,43
315	0,53	0,46	0,56	0,53	0,55	0,41	0,52
400	0,62	0,55	0,65	0,56	0,63	0,55	0,60
500	0,67	0,65	0,69	0,75	0,76	0,67	0,70
630	0,74	0,76	0,89	0,84	0,86	0,83	0,82
800	0,76	0,75	0,77	0,84	0,75	0,76	0,77
1000	0,68	0,66	0,73	0,67	0,79	0,75	0,70
1250	0,85	0,88	0,85	0,79	0,96	0,82	0,86
1600	0,71	0,75	0,74	0,72	0,75	0,68	0,73
2000	0,64	0,62	0,68	0,67	0,65	0,7	0,65
2500	0,58	0,53	0,56	0,57	0,55	0,58	0,56
3150	0,6	0,56	0,61	0,62	0,59	0,58	0,60
4000	0,59	0,59	0,62	0,63	0,64	0,61	0,61
5000	0,62	0,54	0,6	0,59	0,58	0,59	0,59

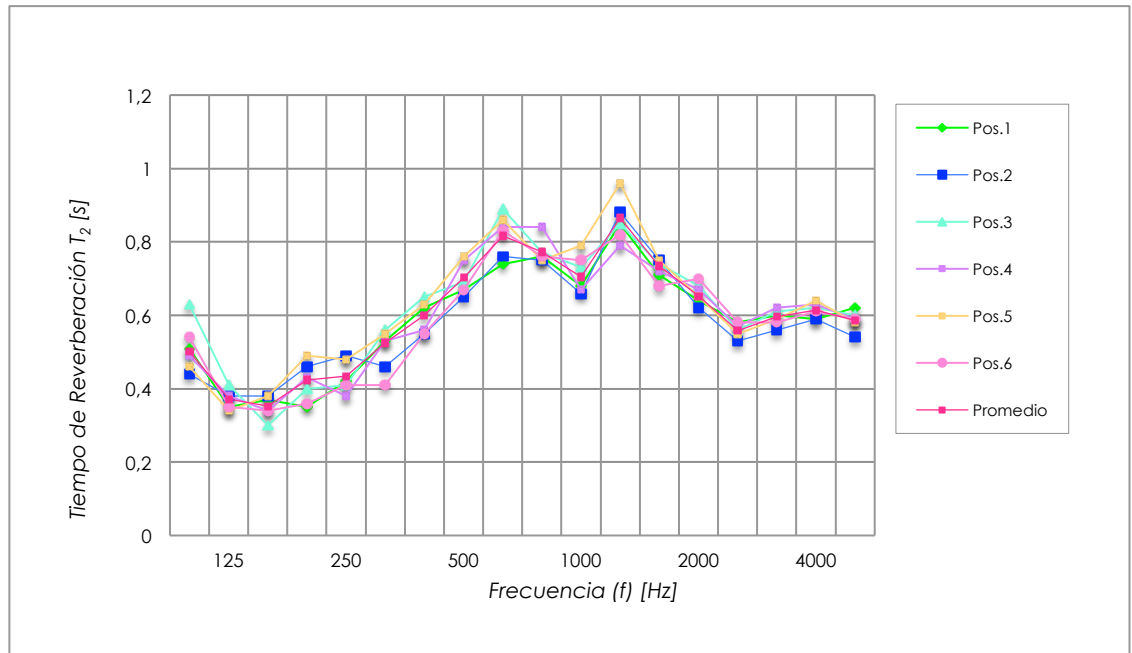


Figura 7.35. Espectros obtenidos a partir de los tiempos de reverberación medidos en cada una de las posiciones elegidas en el recinto receptor.

- Nivel de presión de ruido de impactos estandarizado L'_{nT}

Nivel de presión de ruido de impactos estandarizado [dB]			
Frec.(Hz)	L2c	T	L'nT
100	58,8	0,50	58,7
125	59,4	0,37	60,7
160	57,3	0,35	58,9
200	56,4	0,42	57,2
250	55,4	0,43	56,0
315	53,1	0,52	52,9
400	50,0	0,60	49,2
500	46,7	0,70	45,2
630	44,2	0,82	42,1
800	40,1	0,77	38,3
1000	39,8	0,70	38,3
1250	37,0	0,86	34,6
1600	34,0	0,73	≤ 32,3
2000	34,5	0,65	33,4
2500	34,2	0,56	≤ 33,7
3150	32,5	0,60	≤ 31,8
4000	31,7	0,61	≤ 30,9
5000	32,1	0,59	≤ 31,4
GLOBAL [dB]			≤ 50

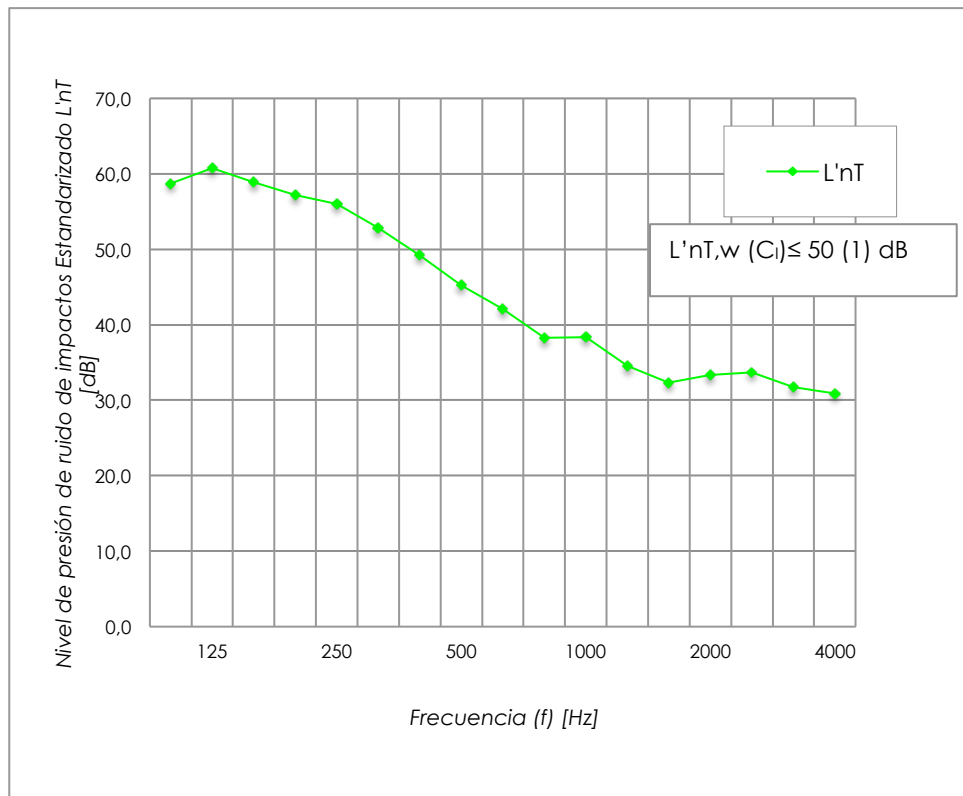


Figura 7.36. Espectros obtenidos del nivel de presión de ruido de impactos estandarizado para forjado entre viviendas

El forjado ensayado presenta un nivel de presión de ruido de impactos estandarizado máximo de $L'nT,w (C_i) \geq 50 (1) \text{ dB}$, valor que cumple las exigencias del DB HR. El relleno del forjado de capas de arena y yeso tiene un buen comportamiento respecto al ruido de impactos, quizás debido a la falta de rigidez dinámica de las partículas de arena que le confieren al forjado suficiente amortiguamiento para disminuir la potencia acústica que se transmite a través del forjado. Como se ha comentado la información sobre este tipo de forjados, que se usaban en las construcciones con anterioridad a 1940, es mínima.

7.7. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN

Tras el análisis del aislamiento acústico de las viviendas, se definen las alternativas de mejora de aislamiento, técnica, económica y socialmente viables en base a las exigencias normativas actuales de confort interior y de habitabilidad.

Dado que las obras se ejecutarían con los inquilinos en sus viviendas, las actuaciones tienden a minimizar el impacto en el interior de la vivienda, actuándose por el exterior o con afección mínima desde el interior.

Las actuaciones de rehabilitación propuestas se llevan a cabo sobre los elementos constructivos originales supuestos en las estimaciones, ya que las mediciones 'in situ' no son representativas de las condiciones de aislamiento acústico del edificio completo, sino de casos aislados.

Se exponen a continuación las diferentes propuestas para actuar sobre los elementos constructivos, los elementos de flanco y sobre la envolvente exterior del edificio. Se buscan soluciones simples y flexibles, compatibles con el grado de intervención y la naturaleza de la rehabilitación.

7.7.1. ACTUACIONES EN ESV

La propuesta para mejorar el aislamiento a ruido aéreo entre recintos consiste en la instalación sobre el elemento de separación vertical de dos trasdosados autoportantes formados por una placa de yeso laminado de 15 mm anclada a una perfilera de 48 mm por ambas caras y cámaras rellenas de lana mineral de 40 mm de espesor.

Se opta por esta opción porque aumenta el aislamiento acústico entre recintos tanto en la vía directa como en la indirecta y la carga en la estructura es mínima. Por otro lado aunque ocasiona molestias a los usuarios por la obra, la afección es menor que si se sustituyera el elemento de fábrica original (ladrillo macizo de 1 pie). Además es una solución de compromiso entre mejora del aislamiento acústico y reducción mínima de la superficie útil de la vivienda.



Figura 7.37. Trasdoso autoportante sobre elemento de fábrica con bandas elásticas.

Es interesante que el trasdosado de dos placas este compuesto por el denominado "sándwich acústico", formado por una lámina visco elástica de alta densidad interpuesta entre las placas que mejora su comportamiento acústico.

7.7.2. ACTUACIONES EN ESH

Como se ha comentado en el capítulo anterior los elementos de separación horizontal o forjados suelen tener niveles de aislamiento insuficientes entre unidades de uso especialmente respecto al ruido de impactos, ya que en general un forjado de una masa elevada, tendrá un buen comportamiento a ruido aéreo.

La propagación del ruido de impacto, es debida a la alta rigidez de la mayoría de elementos constructivos, la excitación inicial inducida por el impacto, se transmite rápidamente y con elevada intensidad por la estructura del edificio. De este modo, las vibraciones de estos paramentos ponen en movimiento las partículas de aire contiguas a ellos, lo cual induce la aparición de ruidos aéreos, no solo en el recinto bajo el forjado excitado por el impacto, sino también en el resto de recintos del edificio debido a la existencia de uniones rígidas.

Los datos de partida, supuestos para los forjados de madera del edificio, obtenidos del proyecto Bali, indican que las prestaciones de los mismos 'in situ' serán insuficientes tanto para aislamiento a ruido aéreo como a ruido de impacto.

Tabla 7.3. Datos forjado de vigas de madera – Proyecto Bali

	Elemento estructural básico	M' (Kg/m ²)	R _A (dBA)	L _{n,w} (dBA)
Suelo	Forjado de vigas y viguetas de madera con entrevigado de yeso	273	52.3	80

La propuesta de actuación para mejorar el aislamiento será la instalación de una **solera seca**, compuesta por dos o más placas de yeso laminado solapadas y pegadas entre sí, dispuestas sobre un material aislante a ruido de impactos como lana mineral o poliestireno expandido elastificado, de baja compresibilidad y reducida rigidez dinámica, que permita reducir la potencia acústica que se comunica a través de los forjados.

Se ha optado por esta opción porque es una solución ligera y no incrementa la carga de la estructura, siendo interesante para la rehabilitación de estructuras de madera. Además es una solución seca, de fácil instalación, que reduce la altura libre en 6cm e incrementa el aislamiento a ruido aéreo, reduce notablemente el ruido de impacto y mejora el aislamiento térmico.

Esta actuación se complementa con la instalación de un **falso techo**, que puede mejorar el aislamiento a ruido aéreo en la vía directa entre 10-15dBA, pero también en la vía indirecta.

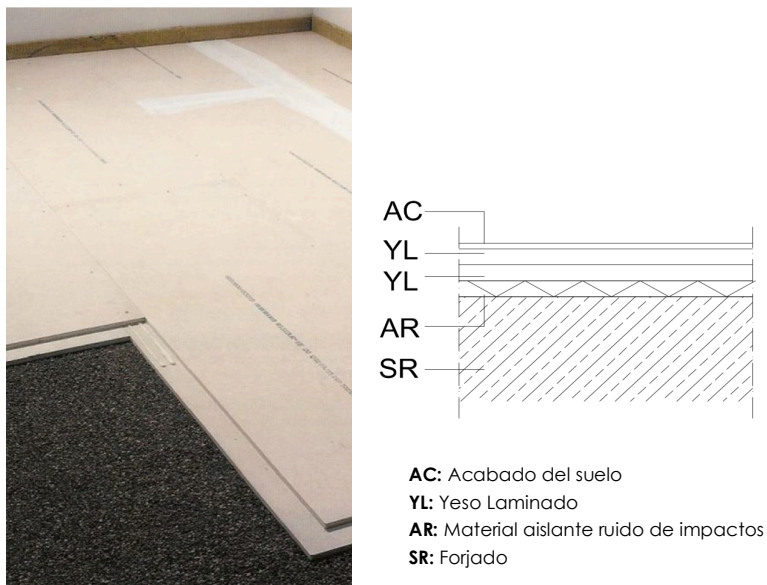


Figura 7.38. Solera Seca sobre forjado con poliestireno expandido elastificado

7.7.3. ACTUACIONES EN FACHADAS

El elemento más débil acústicamente es el que marcará el aislamiento final de la solución de fachada. Los huecos son los elementos más débiles de la fachada y responsables de la limitación en el aislamiento acústico frente al ruido exterior del conjunto. El aislamiento acústico máximo del conjunto (hueco + parte ciega) que puede obtenerse es de aproximadamente **4 a 5 dBA** superior al aislamiento del elemento más débil.

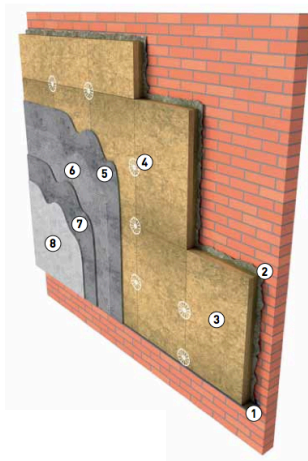
El por ello que las actuaciones de mejora se centran en el incremento del aislamiento de los huecos. El tipo de material de los marcos de ventana apenas tiene influencia acústica, dependiendo el aislamiento de la ventana parcialmente del vidrio y sobre todo de la permeabilidad al aire de la carpintería, que es el aspecto determinante.

La permeabilidad al aire y la mala hermeticidad del cierre suponen pérdidas de aislamiento que difícilmente podrán ser compensadas con acristalamientos de mejor comportamiento acústico. Los acristalamientos mejorarán su comportamiento en función de su masa (espesor de vidrio) y con la incorporación de materiales que amortigüen la transmisión como las láminas de PVB (Butiral de Polivinilo) entre dos vidrios. Si se utiliza una película simple de PVB, la influencia de la frecuencia crítica permanece aunque la pérdida de aislamiento es menos acusada.

En este caso, el edificio objeto de estudio, está expuesto a un nivel de ruido exterior de $L_d = 65 - 70$ dBA durante el día. El valor más restrictivo exigido por el DB HR, es de $D_{2m,nT,Atr} = 37$ dBA para dormitorios. La parte ciega de la fachada esta formada por una fabrica de 1 pié de ladrillo macizo visto de 29 cm de espesor, guarnecido y enlucido de yeso por cara interior con un espesor de 1,5 cm, con un índice de reducción acústica $R_A \approx 58$ dBA. Las ventanas tienen dimensiones de $2,4 \times 1,2 = 2,88$ m², y en la mayoría de los casos son deslizantes con vidrios simples de 4cm de espesor, con un índice de reducción acústica $R_{Atr} \approx 26$ dBA, con o sin capialzado/cajón de persiana.

La propuesta que se proyecta para mejorar el **aislamiento en huecos** es la siguiente:

- Sustitución de las ventanas por otras de doble acristalamiento con dos hojas de vidrio monolítico de diferente espesor para evitar el efecto de resonancia entre las hojas. La carpintería será abatible u oscilobatiente, con cajón de persiana (sistema monoblock) o se mantendrá el capialzado original. La ventana tendrá permeabilidad al aire clase 4 y doble acristalamiento 6+12+8 ($R_{Atr} \approx 30$ dBA)



En cuanto al **aislamiento de la parte ciega** (1 hoja de bloque cerámico macizo de 29 cm) se opta por dotarlo con un sistema de aislamiento térmico por el exterior (SATE ó ETICS), que aunque no conduzca a un aumento significativo del aislamiento acústico, si se emplean materiales como lana mineral o poliestireno expandido elastificado se puede mejorar el índice de reducción acústica de fachada de 4 a 5 dB como máximo.

El resto de aislantes térmicos no mejoran apenas el aislamiento acústico, y los más habituales pueden incluso empeorar las propiedades acústicas de la fachada original, debido a la coincidencia de las frecuencias de resonancia entre el revestimiento de mortero exterior aplicado sobre el aislante y la pared sobre la que se aplica.

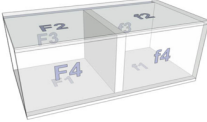
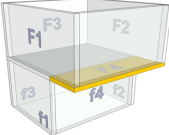
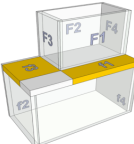
Aislar por el exterior con un sistema SATE ó ETICS, resulta más eficiente que aislar por el interior. La principal ventaja de ETICS es que toda la envolvente del edificio queda aislada, eliminando los puentes térmicos, protegiendo la estructura del cerramiento de la variación de temperaturas exterior e interior, disminuyendo la demanda energética, y todo ello sin reducir la superficie útil de la vivienda.

7.8. EVALUACIÓN DEL EDIFICIO REHABILITADO

Se presentan los resultados de las estimaciones calculadas para cada pareja de recintos con las actuaciones de rehabilitación propuestas (Vease Anexo IV Fichas Justificativas DB HR). Las soluciones adoptadas disponibles en el Catálogo de elementos Constructivos se describen a continuación:

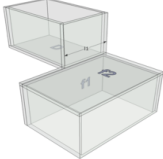
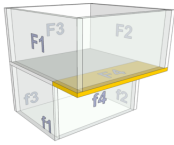
- Trasdoso **TR 1.h** : YL 15 + MW 48 + SP (250<m≤300kg/m²)
- Solera Seca **S2. c4** : AC + YL 2x15 + AR MW 30
- Solera Seca **S2. e4** : AC + YL 2x15 + AR EEPS 30
- Falso Techo **T1 b**: YL 15 + AT MW 50 + C [100-150] (forjado de m ≤ 350 kg/m²).
- Falso Techo **T1d**: YL 15 + AT MW 50 + C [≥ 150] (forjado de m ≤ 350 kg/m²).
- Ventana **V.30** : Unidad de vidrio aislante oscilobatiente o no practicable 6-(6...16)-8.

■ AISLAMIENTO A RUIDO AÉREO

AISLAMIENTO ACÚSTICO A RUIDO AÉREO			
	CASO 1	CASO 2	CASO 3
			
Actuación	2x TR 1.h	S.2 .c4 + T1.b	S.2 .e4 + T1.d
ΔRA(dBA)	9+9	5 +13	3+15
DnT,A (dBA)	52 -55	49-51	57
ΔDnT,A(dBA)	2-5	4-6	8
Exigencia DB HR	≥50	≥50	≥55
	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE

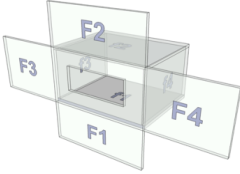
Como se observa las actuaciones de rehabilitación llevadas a cabo sobre los elementos de separación horizontales y verticales, con la instalación de una solera seca más un techo acústico en el caso de los forjados y en el caso de las medianeras con la instalación de un trasdosado autoportante de yeso laminado a cada lado, conducen a una **mejora muy notable** del **aislamiento acústico a ruido aéreo** entre recintos. En cualquiera de los tres casos los índices cumplen o se aproximan a los requisitos exigidos en el DB HR.

■ AISLAMIENTO A RUIDO DE IMPACTOS

AISLAMIENTO ACÚSTICO A RUIDO DE IMPACTO		
	CASO 1	CASO 2
		
Actuación	S.2 .e4 + T1.b	S.2 .c4 + T1.b
$\Delta L_w(\text{dB})$	20	27+9
$L'_{nT,w}(\text{dB})$	54	54
$\Delta L'_{nT,w}(\text{dB})$	23	30
Exigencia DB HR	≤ 65	≤ 65
	CUMPLE	CUMPLE

El **aislamiento a ruido de impacto** mejora notablemente con la instalación de la solera seca más el techo acústico, con mejoras, en los recintos estudiados, del nivel de presión de ruido de impactos estandarizado de hasta 30dB.

■ AISLAMIENTO A RUIDO AÉREO EXTERIOR

AISLAMIENTO ACÚSTICO A RUIDO AÉREO EXTERIOR	
	CASO 1
	
Actuación	Ventana sencilla (6-12-8)
$R_{Atr} ; R_A(\text{dBA})$	30 ;34
$D_{2m,nT,Atr}(\text{dBA})$	39
$\Delta D_{2m,nT,Atr}(\text{dBA})$	4
Exigencia DB HR	≥ 37
	CUMPLE

El **aislamiento a ruido aéreo exterior** mejora en 4dBA únicamente actuando sobre las antiguas ventanas, con la sustitución por otras de doble acristalamiento con dos hojas de vidrio monolítico de diferente espesor 6+12+8 ($R_{Atr} \approx 30$ dBA).

Conclusiones

8. CONCLUSIONES

El eje principal en el que se apoya este Trabajo de Fin de Máster se deriva fundamentalmente de la idea de que el parque residencial existente de Madrid, y de gran parte de las ciudades y sus centros históricos, tiene un gran potencial de mejora de las deficientes condiciones acústicas frente al ruido exterior e interior.

La defensa de un entorno urbano acústicamente sostenible y respetuoso con el medio ambiente es vital para cualquier población, más aún para una ciudad en desarrollo. La ciudadanía es cada vez más sensible y exigente cuando concurren factores negativos referidos a su calidad de vida.

Ante esta situación, la **variable acústica** juega un papel fundamental en la rehabilitación de los edificios, pues acometer cualquier plan de rehabilitación sin incluir criterios acústicos es una **oportunidad perdida** de dotar al parque inmobiliario de unos estándares adecuados de habitabilidad.

La calidad de la acústica en el proceso constructivo precisa de un proyecto definido, cálculos precisos, materiales contrastados, correcta puesta en obra de los mismos según la buena práctica constructiva, control de ejecución, pruebas de verificación, así como un correcto uso y mantenimiento del edificio.

A pesar de que la reglamentación actual sobre condiciones acústicas, el DB HR Protección frente al ruido es sólo de obligado cumplimiento únicamente para las obras de rehabilitación integral, cada intervención en un edificio existente, por pequeña que sea, puede ser una oportunidad de mejorar las deficientes condiciones acústicas de los edificios dentro de lo viable técnica y económicamente.

Hay que reconocer que la rehabilitación acústica es una **disciplina aún muy nueva** y hay mucho todavía por hacer. Sería interesante definir una legislación que marque valores y pautas de actuación, para precisar los requisitos necesarios en una rehabilitación acústica.

En este sentido, este Trabajo de Fin de Máster ha tratado de introducir la rehabilitación acústica y dar unas directrices generales de las posibles actuaciones en la intervención de los edificios existentes para mejorar sus condiciones de aislamiento acústico.

Cuando se llevan a cabo una o varias de estas intervenciones con los sistemas de rehabilitación, se ha podido comprobar que el aislamiento acústico resultante en el edificio puede **alcanzar las exigencias del DB-HR** en la mayoría de las tipologías constructivas, y que aunque no se llegan a cumplir estas exigencias, supone una **mejora muy significativa** en las condiciones acústicas.

No obstante el aislamiento 'in situ' depende de diversos factores, entre ellos de las condiciones de los elementos de flanco, sus uniones, la ejecución y las tolerancias de los ensayos de aislamiento acústico. En un proyecto de rehabilitación deben especificarse los detalles constructivos de las uniones de los trasdosados y los suelos flotantes con los elementos constructivos existentes, ya que un buen diseño puede influir significativamente en los niveles de aislamiento obtenidos en el edificio.

Tras desarrollar las directrices generales para la rehabilitación acústica, el motor de este proyecto ha sido tratar de analizar las condiciones iniciales de aislamiento acústico de un [edificio característico](#) del barrio de [Lavapiés](#), para posteriormente realizar una propuesta de intervención y rehabilitación adecuada a las condiciones específicas del edificio objeto de estudio.

Para valorar el entorno acústico se ha analizado la [cartografía acústica](#) del barrio a través de los MER 2006, que indican niveles de contaminación acústica que no cumplen los objetivos de calidad acústica que se establecen para áreas urbanizadas existentes de uso residencial según el Real Decreto 1367/2007. También se ha tratado de caracterizar sociológicamente el ruido para entender cómo lo perciben los vecinos y que sensibilidad tienen. Según el estudio realizado se puede decir que la población del Lavapiés está bastante concienciada frente al problema global del ruido urbano (72%). A la hora de catalogar el barrio, los habitantes no lo consideran excesivamente ruidoso y solo un 59% de los vecinos refleja su descontento con los ruidos urbanos.

En el desarrollo del proyecto, han surgido dificultades para conseguir los planos del edificio a rehabilitar, ya que no hay fácil acceso a estos datos para hacer una valoración del estado inicial del mismo. Además obtener detalles y características acústicas sobre las tipologías constructivas del siglo XIX en Madrid es una tarea complicada porque prácticamente no hay información al respecto, lo que conlleva a una estimación del aislamiento acústico inicial con datos muy limitados, que siempre deberían contrastarse con las medidas 'in situ' de los índices de aislamiento de las soluciones constructivas originales de las viviendas.

Con objeto de poder comparar estos datos, se han realizado varias medidas 'in situ' de distintos elementos constructivos, que han estado condicionadas por la disponibilidad de las viviendas, ya que se trata de un edificio habitado. Los resultados de las mediciones difieren de las estimaciones entre otras razones, porque algunas de las viviendas en las que se han podido realizar las medidas, habían sufrido modificaciones.

En la propuesta de rehabilitación, se ha intentado llegar a una solución de compromiso entre diversos factores: mínima reducción de la superficie útil de la vivienda, ocasionar mínimas molestias a los vecinos por la intervención, que ésta no implique una inversión desmesurada, y que por supuesto mejore la calidad de vida del usuario final del edificio con el aumento del aislamiento acústico.

Las conclusiones generales que se extraen de este estudio se resumen a continuación:

- Parece necesaria una modificación del **ámbito de aplicación** del DB-HR de forma que siempre que sea posible y compatible con la naturaleza de la intervención, se incluyan actuaciones de mejora acústica.
- Muchas intervenciones (sobre todo en fachadas) son **compatibles con la rehabilitación térmica**.
- Los **técnicos deben fomentar** la inclusión de criterios acústicos en la rehabilitación.
- Las actuaciones de mejora acústicas deben incluirse en las **ayudas de la administración** a la mejora de la habitabilidad.
- La ingeniería acústica juega un papel fundamental en el estudio específico de un proyecto de rehabilitación acústica, que repercute directamente en la optimización de los costes de ejecución y en el no sobredimensionamiento en la elección de los sistemas o materiales.

Bibliografía

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Documento Básico DB HR Protección frente al ruido.

[2] Norma Básica de la edificación NBE CA 88

[3] Catálogo de Elementos Constructivos del CTE. Marzo 2010.

[4] Herramienta de cálculo del Documento Básico de protección frente al ruido del Ministerio de Vivienda.

[5] Proyecto BALI (Building Acoustics Living)

[6] NORMA ESPAÑOLA UNE-EN ISO 140-4:1998. Acústica., Medición del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción, Parte 4: Medición 'in situ' del aislamiento al ruido aéreo entre locales. AENOR, abril 1999.

[7] NORMA ESPAÑOLA UNE-EN ISO 140-7:1998. Acústica. Medición del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción, Parte 7: Medición 'in situ' del aislamiento acústico de suelos al ruido de impactos. AENOR, mayo 1999

[8] NORMA ESPAÑOLA UNE-EN ISO 717-1:1996. Acústica. Evaluación del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción, Parte 1: Aislamiento a ruido aéreo. AENOR, agosto 1997.

[9] NORMA ESPAÑOLA UNE-EN ISO 717-2:1996. Acústica. Evaluación del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción, Parte 2: Aislamiento a ruido de impactos. AENOR, septiembre 1997.

[10] NORMA ESPAÑOLA UNE EN 12354-1: 2000 Acústica de la edificación. Estimación de las características acústicas de las edificaciones a partir de las características de sus elementos. Parte 1: Aislamiento acústico del ruido aéreo entre recintos. (EN 12354-1:2000)

[11] NORMA ESPAÑOLA UNE EN 12354-2: 2001. Acústica de la edificación. Estimación de las características acústicas de las edificaciones a partir de las características de sus elementos. Parte 2: Aislamiento acústico a ruido de impactos entre recintos. (EN 12354-2:2000)

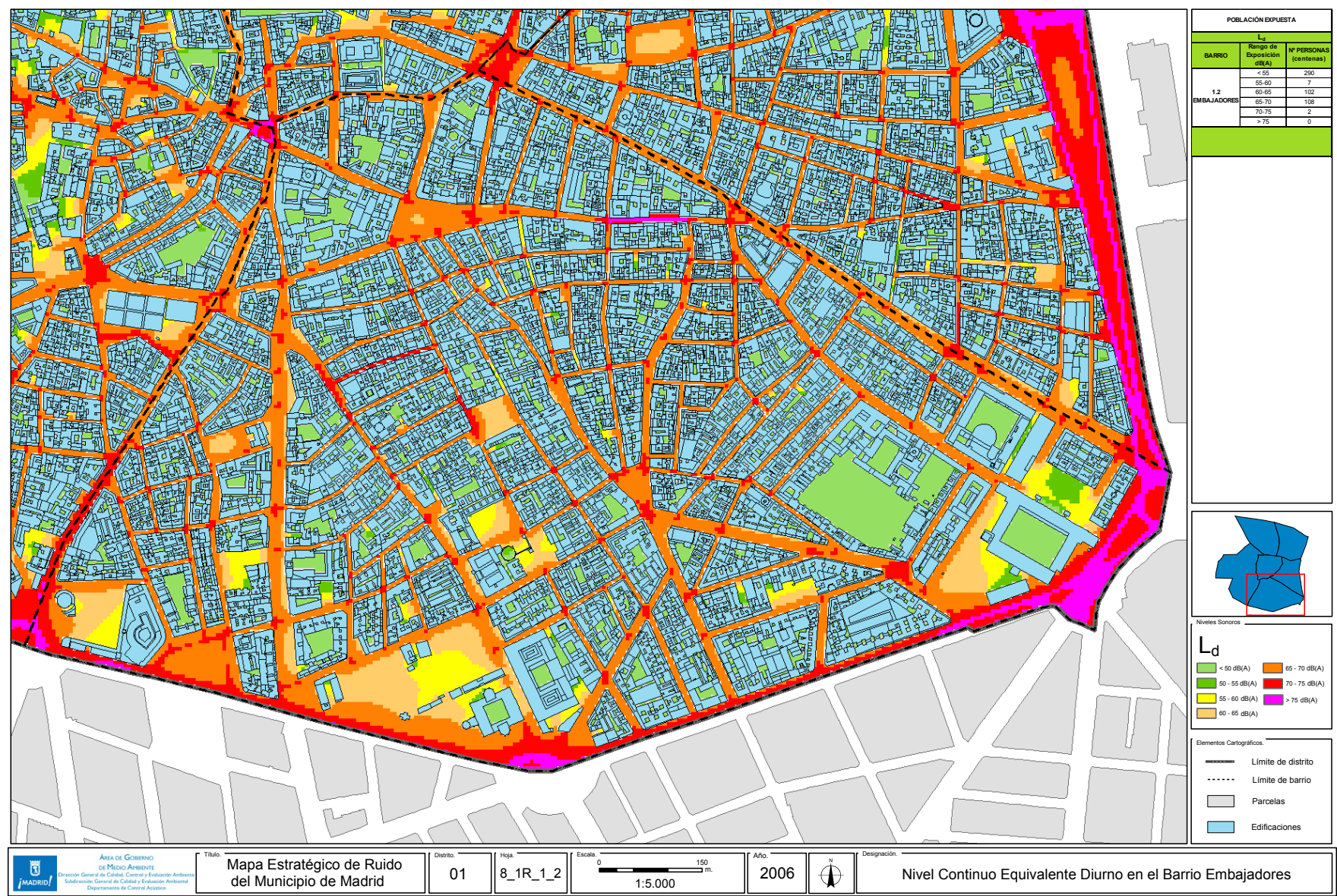
[12] NORMA ESPAÑOLA UNE EN 12354-3: 2001. Acústica de la edificación. Estimación de las características acústicas de las edificaciones a partir de las características de sus elementos. Parte 3: Aislamiento acústico a ruido aéreo contra el ruido del exterior. (EN 12354-3:2000)

- [13] REAL DECRETO 1367/2007, de 19 de octubre por la Directiva 2002/49/CE.
- [14] Mapas Estratégicos de Ruido y planes de acción de la Comunidad de Madrid, 2006.
- [15] Seminario de rehabilitación de acústica en la edificación, Tecniacústica 2011
- [16] Agustín Hernández Aja, "Tipología de calles de Madrid", cuaderno No8 de investigación urbanística del Instituto Juan de Herrera de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, 1995.
- [17] Gemma María Echevarría Sánchez, "Estudio de la distribución del ruido de tráfico en diversas calles de la ciudad de Madrid", Trabajo Fin de Máster, de la Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica de Telecomunicación, 2012.
- [18] Jaime Santa Cruz Astorqui, "Estudio tipológico, constructivo y estructural de las casas de corredor en Madrid", Tesis Doctoral, de la Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica de Telecomunicación.
- [19] Cyril M. Harris. *Noise Control in buildings*. Ed. Mc. Graw-Hill, 1994.

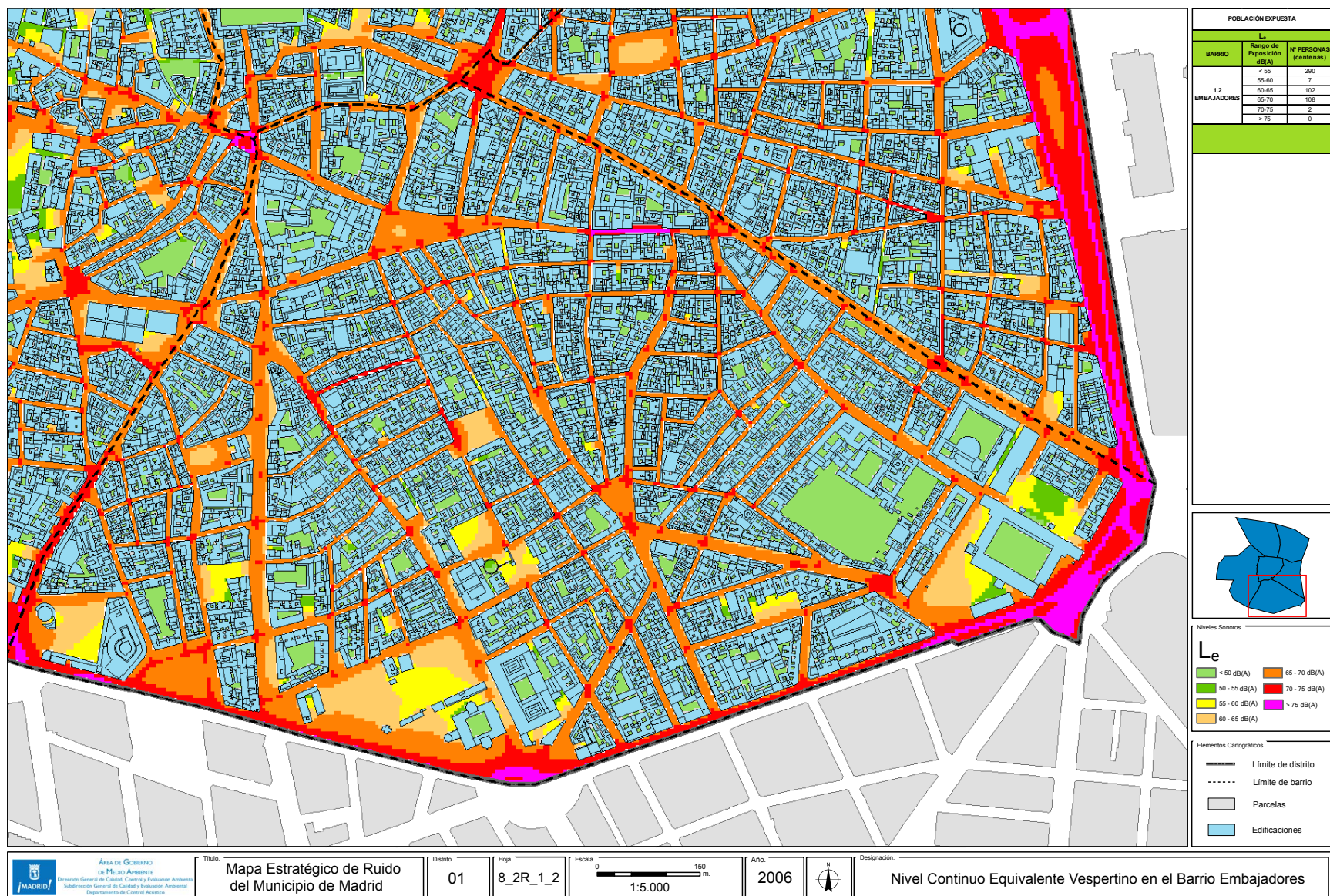
Anexo I

ANEXO I. MER EMBAJADORES

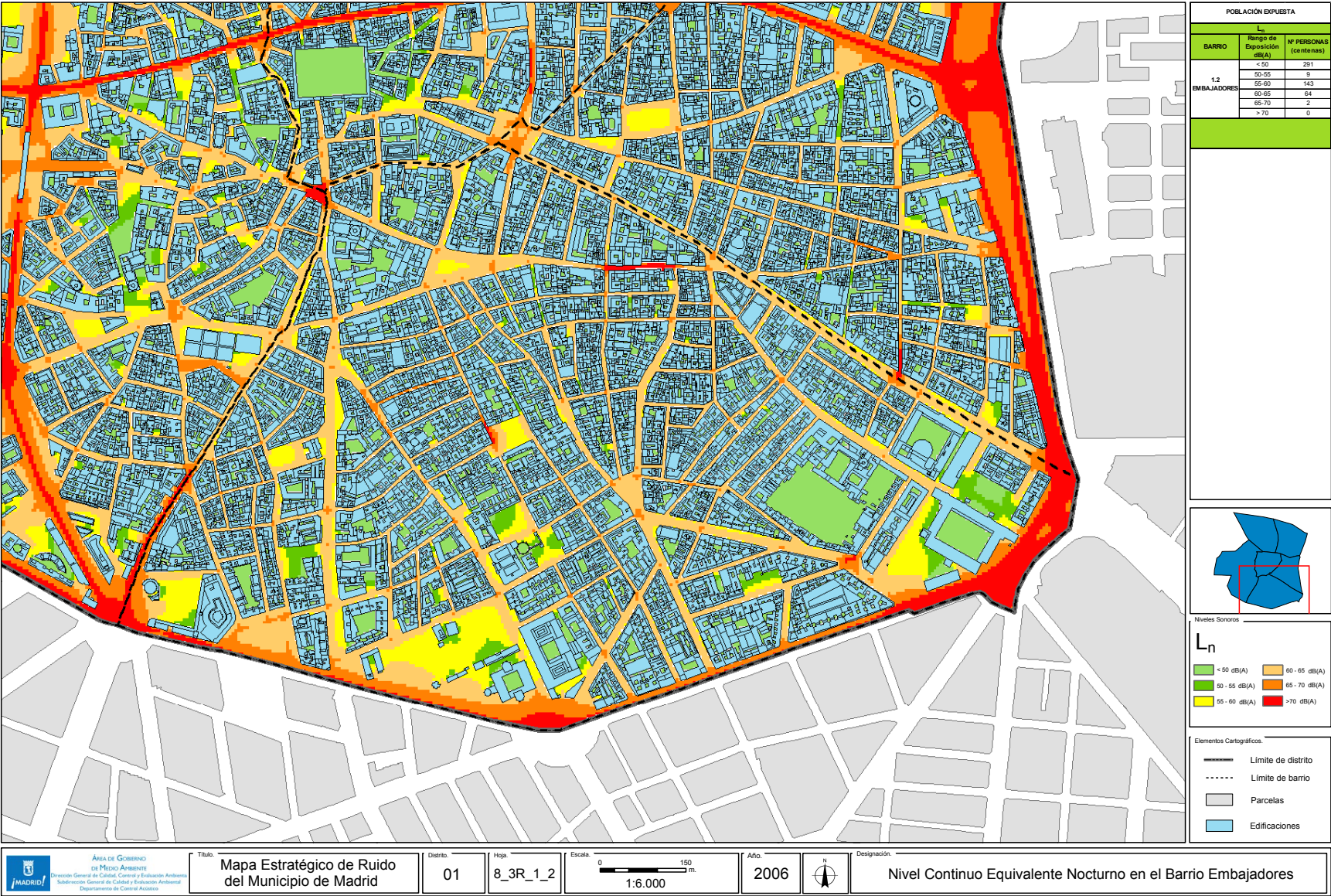
Ld. Nivel continuo equivalente **diurno** en el barrio Embajadores – MER 2006



Cartografía Acústica del Distrito Centro

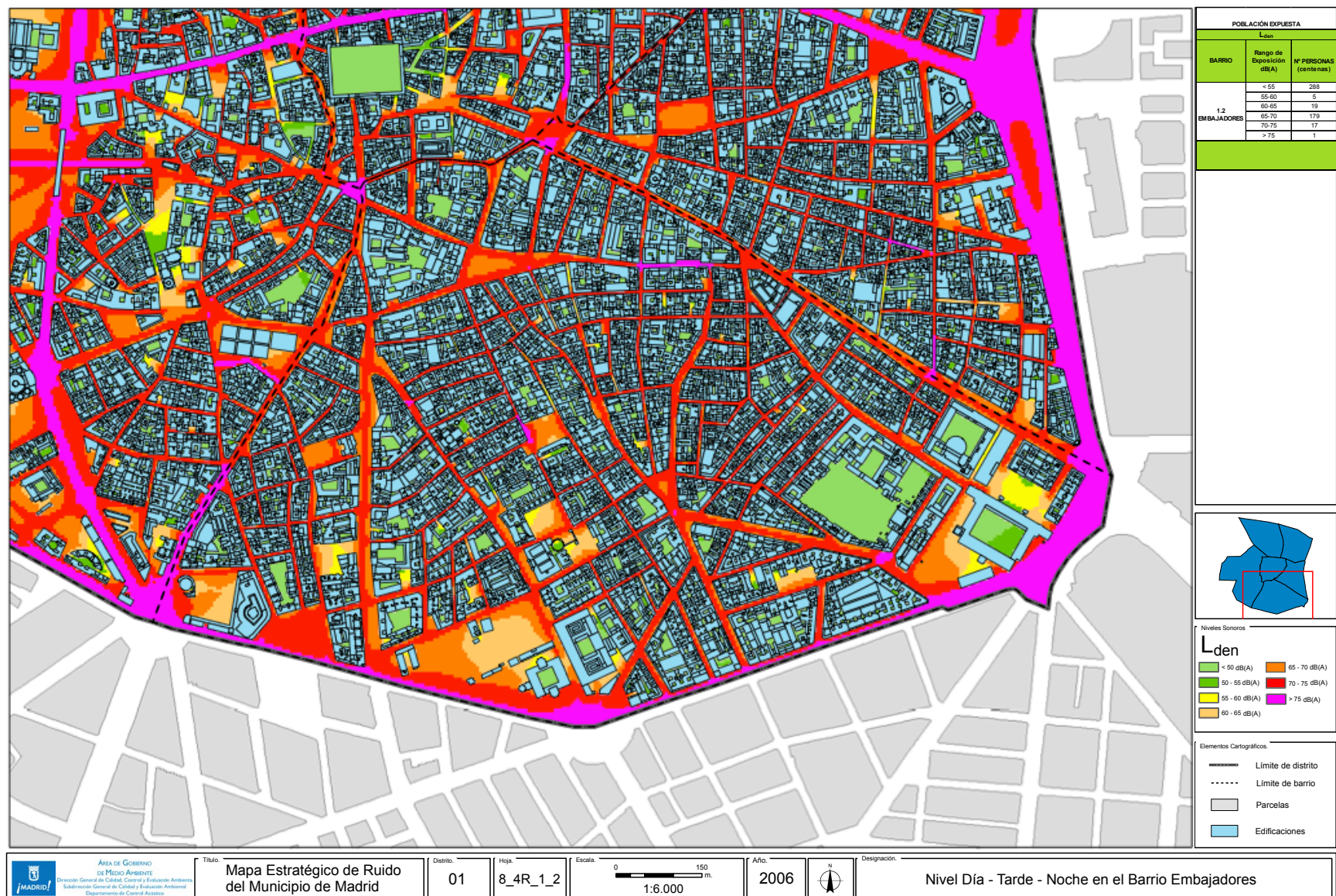
Le. Nivel continuo equivalente *vespertino* en el Barrio Embajadores – MER 2006

Ln. Nivel continuo equivalente nocturno en el Barrio Embajadores – MER 2006



Cartografía Acústica del Distrito Centro

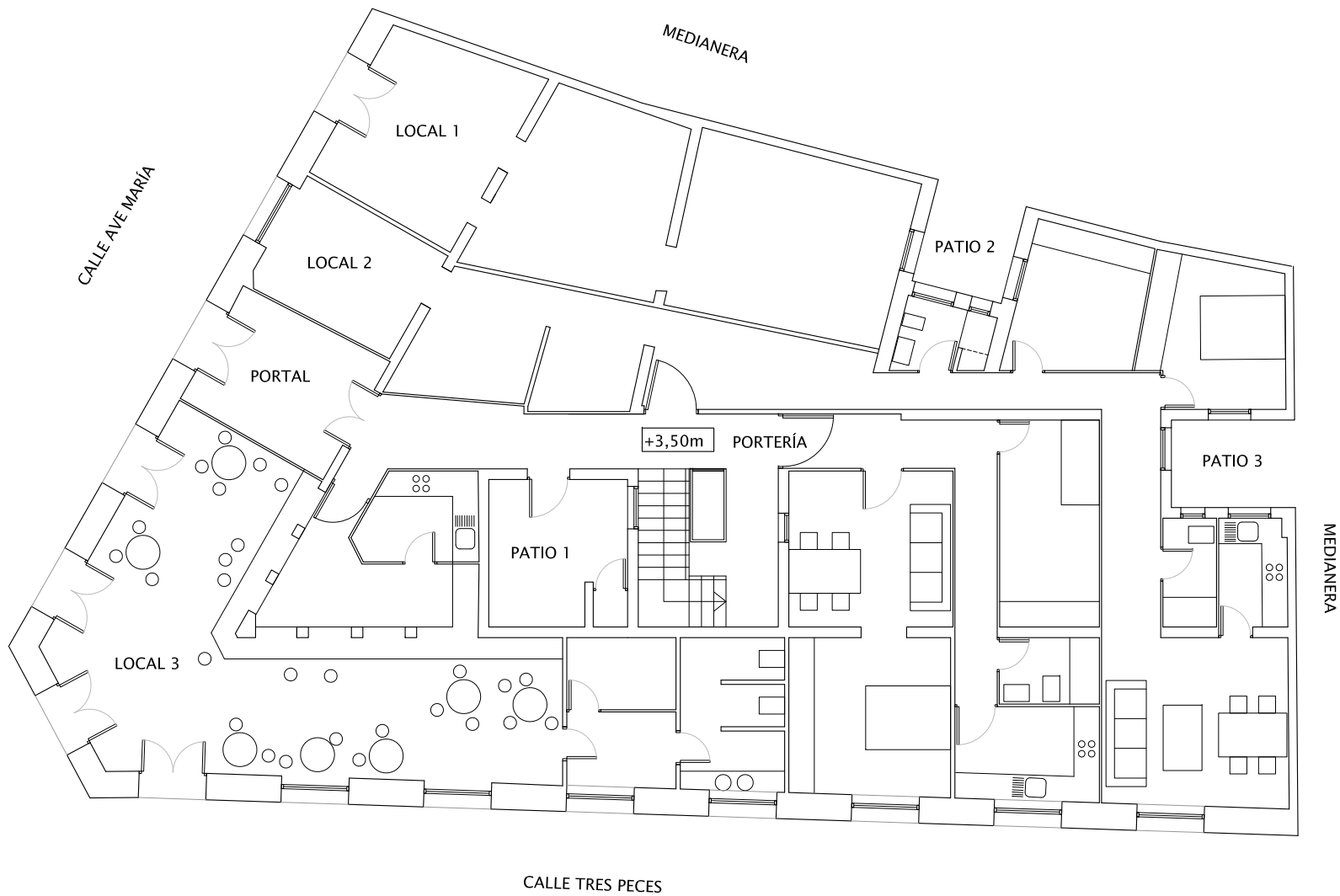
Lden. Nivel Día- Tarde – Noche en el Barrio Embajadores – MER 2006



Cartografía Acústica del Distrito Centro

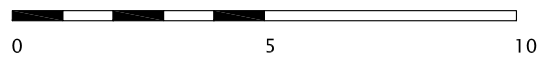
Anexo II

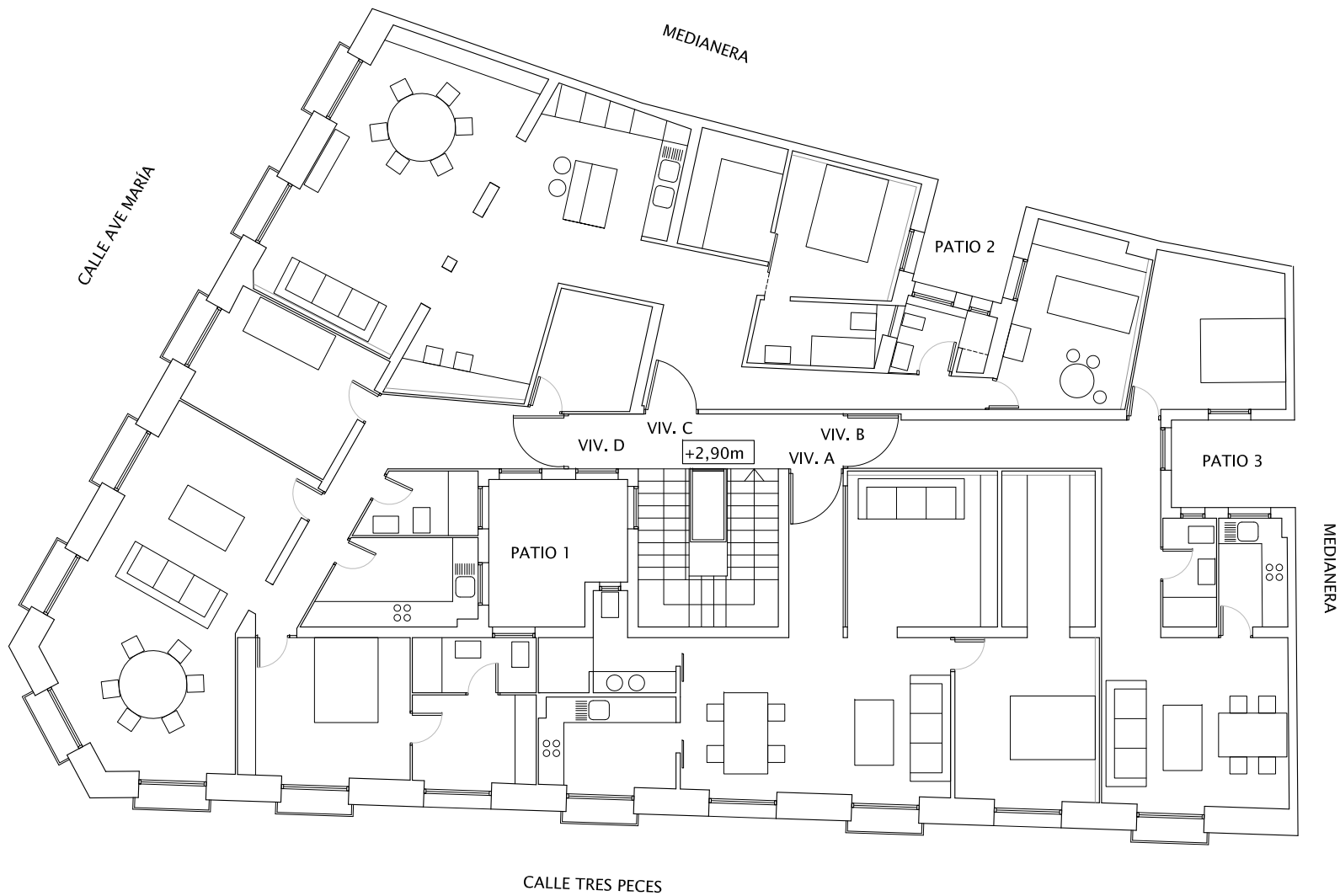
ANEXO II. PLANOS DEL EDIFICIO A REHABILITAR



AVE MARIA 19

PLANTA BAJA





AVE MARIA 19

PLANTA TIPO



Anexo III

ANEXO III. METODOLOGÍA DE LAS MEDICIONES IN SITU

MEDIDA DE AISLAMIENTO ACÚSTICO A RUIDO AÉREO ENTRE RECINTOS SEGÚN LA NORMA 140-4:1999

OBJETIVO DE LA MEDIDA

La **diferencia de niveles estandarizada D_{nT}** es el parámetro elegido para definir el aislamiento a ruido aéreo 'in situ' entre recintos, puesto que es el índice, ponderado A, empleado en el DB HR.

Se define como la diferencia de niveles correspondiente a un valor de referencia del tiempo de reverberación en el recinto receptor. Es función de la frecuencia y viene dado por la expresión:

$$D_{nT} = L_1 - L_2 + 10 \cdot \log \frac{T}{T_0} \quad [\text{dB}]$$

Donde para cada una de las 16 frecuencias de interés,

L₁	nivel medio de presión sonora medido en el recinto emisor. [dB]
L₂	nivel medio de presión sonora medido en el recinto receptor. [dB]
T	tiempo de reverberación del recinto receptor, [s]
T₀	tiempo de reverberación de referencia, de valor 0,5 segundos, [s]

Las magnitudes a medir para el cálculo del aislamiento acústico son:

1. Nivel medio de presión sonora en ambos recintos (siendo L_1 [dB] el nivel en el recinto emisor y L_2 [dB] el nivel en el recinto receptor).
2. Tiempo de reverberación en el recinto receptor (T [s]).
3. Nivel medio de ruido de fondo en el recinto receptor (L_{RF} [dB]).

Una vez estimadas estas magnitudes es posible definir el aislamiento acústico a ruido aéreo entre locales.

En el caso de la tabiquería interior se usará el **índice de reducción acústica aparente R'** , por ser el parámetro que utiliza el DB HR. Su relación con D_{nT} se define:

$$D_{nT} = R' + 10 \cdot \log \frac{0.16 V}{T_0 S} = R' + 10 \cdot \log \frac{0.32 V}{S} \quad [\text{dB}]$$

EQUIPAMIENTO

Para la realización de la medida de aislamiento a ruido aéreo se ha empleado el siguiente equipamiento:

- Ordenador personal
- Sonómetro bicanal SYMPHONIE. Software necesario:
 - dBConfig32 para configuración
 - dBBati 32 para medidas, procesado, control del sonómetro y generación del ruido.
- Amplificador de potencia M700
- Fuente sonora omnidireccional DO12
- Calibrador CAL 01
- 2 micrófonos de presión GRAS
- 2 Preamplificadores microfónicos

PROCESO Y EVALUACIÓN DEL ENSAYO

Las mediciones *in situ* de aislamiento acústico al ruido aéreo se realizarán en bandas de **tercio de octava**.

■ GENERACIÓN DEL CAMPO SONORO EN EL RECINTO EMISOR

El sonido generado en el recinto emisor debe ser estacionario y debe tener un espectro continuo en el rango de frecuencia considerado. El espectro sonoro en el recinto emisor no debe tener diferencias de nivel mayores de 6 dB entre bandas de tercio de octava adyacentes.

La potencia sonora debería ser lo suficientemente alta como para que el nivel de presión sonora en el recinto receptor sea, al menos, 10 dB más alto que el nivel de ruido de fondo en cualquier banda de frecuencia. Si esto no se cumple, se deberán aplicar correcciones que se definen más adelante.

Deben utilizarse al menos dos posiciones de fuente.

■ MEDICIÓN DEL NIVEL DE PRESIÓN SONORA

Se obtiene el nivel medio de presión sonora mediante un único micrófono situado sucesivamente en cada posición, tanto en el recinto emisor como en el receptor. Los niveles de presión sonora en las diferentes posiciones de micrófono deben promediarse de forma energética para todas las posiciones de micrófono.

$$L = 10 \log \left[\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n 10^{L_j/10} \right]$$

Posiciones de micrófono

Se deberán utilizar un mínimo de **cinco posiciones fijas**; deberán estar repartidas uniformemente a lo largo de todo el espacio útil en cada recinto.

Las siguientes distancias de separación son valores mínimos:

- 0,7 m entre posiciones de micrófono;
- 0,5 m entre cualquier posición de micrófono y los bordes de la sala o los difusores;
- 1,0 m entre cualquier posición de micrófono y la fuente sonora.

El número mínimo de **medidas** empleando posiciones fijas de micrófono es **diez**.

Tiempo de promediado

Para cada posición individual de micrófono, el tiempo de promediado deberá ser de al menos 6 s para cada banda de frecuencia con frecuencias centrales por debajo de los 400 Hz. Para bandas de frecuencias centrales superiores, se permite disminuir el tiempo a no menos de 4 s.

■ MEDICIÓN DEL NIVEL TIEMPO DE REVERBERACIÓN

De acuerdo con la **Norma ISO 354**, se inicia la evaluación del tiempo de reverberación a partir de la curva de caída de nivel alrededor de 0,1 s después de que la fuente sonora haya sido desconectada, o a partir de un nivel de presión sonora algunos decibelios por debajo del que había al principio de la caída. El rango de caída utilizado no debe ser ni inferior a 20 dB, ni tan grande que la caída observada no se pueda aproximar a una línea recta. El final de este rango de caída deberá ser al menos 10 dB sobre el nivel de ruido de fondo.

El número mínimo de mediciones requerido para cada banda de frecuencia es de **seis caídas**. Se deberá utilizar al menos **una posición de altavoz** y **tres posiciones de micrófono** con dos lecturas en cada caso.

■ CORRECCIÓN POR RUIDO DE FONDO

Se miden los niveles de ruido de fondo para asegurar que las observaciones en el recinto receptor no estén afectadas por sonidos ajenos tales como ruidos del exterior del recinto de medida, ruido eléctrico en el sistema de captación, o diafonías eléctricas entre el sistema de emisión y recepción.

El nivel de ruido de fondo deberá ser de al menos 6 dB (y preferiblemente más de 10 dB) inferior al nivel combinado de la señal y el ruido de fondo.

- Si la diferencia de niveles es inferior a 10 dB pero superior a 6 dB, se calcula las correcciones al nivel de la señal de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$L_c = 10 \log \left[10^{L/10} - 10^{L_{RF}/10} \right]$$

Donde

L_c	es el nivel de señal corregido, en decibelios
L	es el nivel combinado de señal y ruido de fondo, en decibelios
L_{RF}	es el nivel de ruido de fondo, en decibelios.

Si la diferencia de niveles es inferior o igual a 6 dB en cualquiera de las bandas de frecuencia, se utiliza la corrección 1,3 dB correspondiente a una diferencia de 6 dB. En este caso se indica en el informe claramente que los valores de L 'n dados son un límite **mínimo** de la medición. ($DnT \geq \dots$ dB)

MEDIDA DE AISLAMIENTO ACÚSTICO A RUIDO DE IMPACTOS SEGÚN LA NORMA 140-7:1998

OBJETIVO DE LA MEDIDA

El **nivel de presión de ruido de impactos estandarizado**, L'_{nT} es el parámetro elegido para definir el aislamiento acústico 'in situ' a ruido de impactos, ya que es el que emplea el DB HR, pero como índice global $L'_{nT,w}$, según la Norma UNE EN ISO 717-2.

Es el nivel de presión de ruido de impactos in situ, en dB, en el recinto receptor normalizado a un tiempo de reverberación de 0,5 s, cuando el elemento constructivo horizontal es excitado por la máquina de impactos normalizada. Es función de la frecuencia:

$$L'_{nT} = L - 10 \cdot \log \frac{T}{T_0} \text{ [dB]}$$

Donde para cada una de las 16 frecuencias de interés,

- L** nivel de presión sonora de impactos medido in situ (UNE EN ISO 140-7) en el recinto receptor, [dB]
- T** tiempo de reverberación del recinto receptor, [s]
- T₀** tiempo de reverberación de referencia, de valor 0,5 segundos, [s]

Las magnitudes a medir para el cálculo del aislamiento acústico a ruido de impactos son:

1. Nivel medio de presión sonora en el recinto receptor (L [dB]).
2. Tiempo de reverberación en el recinto receptor (T [s]).
3. Nivel medio de ruido de fondo en el recinto receptor (LRF [dB]).

Una vez calculadas las magnitudes es posible definir el aislamiento acústico a ruido de impactos.

EQUIPAMIENTO

El ruido de impactos deberá ser generado por la máquina de impactos, que deberá cumplir los requisitos dados en el [anexo A](#) de la norma UNE EN ISO 140-7:1998.

- Ordenador personal
- Sonómetro bicanal SYMPHONIE. Software necesario:
 - dBConfig32 para configuración
 - dBBati 32 para medidas, procesado, control del sonómetro y generación del ruido.
- Máquina de impactos 3207 Brüel & kjaer
- Calibrador CAL 01
- 1 micrófono de presión GRAS
- 1 Preamplificador microfónico

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO Y EVALUACIÓN

■ **MEDICIÓN DEL NIVEL DE RUIDO DE IMPACTOS EN EL RECINTO RECEPTOR**

Las medidas in situ del aislamiento a ruido de impactos de suelos deberán hacerse en bandas de **tercios de octava**. El nivel de presión sonora deberá ser medido utilizando filtros de tercio de octava que tengan al menos las frecuencias centrales entre **100Hz – 3150Hz**. No obstante se aumentará el rango de frecuencias de las medidas, incluyendo los tercios de octava con frecuencias centrales de **4000Hz y 5000Hz**.

Se obtiene el nivel de presión de ruido de impactos utilizando un solo micrófono trasladado de una posición a otra. Los niveles de presión sonora en las distintas posiciones de micrófono deberán ser promediados de forma energética para todas las posiciones de la máquina de impactos.

$$L=10\log \left[\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n 10^{L_j/10} \right]$$

Posiciones de la máquina de impactos

La máquina de impactos deberá ser colocada en al menos **cuatro posiciones diferentes** distribuidas de forma aleatoria sobre el suelo bajo ensayo con las siguientes consideraciones:

- La distancia de la máquina de impactos a los bordes del suelo deberá ser de al menos 0,5 m.
- En el caso de suelos anisótropos (con nervaduras, vigas, etc.), puede ser necesario tomar más posiciones. La línea que forman las cabezas de los martillos debería formar 45° con la dirección de las nervaduras o las vigas.

Posiciones de micrófono

Se deberán utilizar un mínimo de **cuatro posiciones fijas**; deberán estar repartidas por todo el espacio permitido en la sala de medida.

Las siguientes distancias de separación son valores mínimos:

- 0,7 m entre posiciones de micrófono;
- 0,5 m entre cualquier posición de micrófono y los bordes de la sala o los difusores;
- 1,0 m entre cualquier posición de micrófono y el suelo superior que está siendo excitado por la máquina de impactos.

El número mínimo de medidas utilizando un micrófono fijo es seis, y deberá utilizarse una combinación de al menos cuatro posiciones de micrófono y al menos cuatro posiciones de la máquina de impactos.

EJEMPLO: Para dos posiciones de micrófono y dos de la máquina de impactos, se realizan mediciones para las cuatro combinaciones posibles. Para las otras dos posiciones de micrófono y dos de la máquina de impactos, se realizan las dos medidas restantes.

Tiempo de promediado

Para cada posición individual de micrófono, el tiempo de promediado deberá ser de al menos 6 s para cada banda de frecuencia con frecuencias centrales por debajo de los 400 Hz. Para bandas de frecuencias centrales superiores, se permite disminuir el tiempo a no menos de 4 s.

■ MEDICIÓN DEL NIVEL TIEMPO DE REVERBERACIÓN

De acuerdo con la **Norma ISO 354**, se inicia la evaluación del tiempo de reverberación a partir de la curva de caída de nivel alrededor de 0,1 s después de que la fuente sonora haya sido desconectada, o a partir de un nivel de presión sonora algunos decibelios por debajo del que había al principio de la caída. El rango de caída utilizado no debe ser ni inferior a 20 dB, ni tan grande que la caída observada no se pueda aproximar a una línea recta. El final de este rango de caída deberá ser al menos 10 dB sobre el nivel de ruido de fondo.

El número mínimo de mediciones requerido para cada banda de frecuencia es de **seis caídas**. Se deberá utilizar al menos **una posición de altavoz** y **tres posiciones de micrófono** con dos lecturas en cada caso.

■ CORRECCIÓN POR RUIDO DE FONDO

Se deberán realizar mediciones del ruido de fondo para asegurar que las observaciones en la sala receptora no estén afectadas por ruidos ajenos tales como ruidos del exterior de los recintos de ensayo, o ruido eléctrico en el sistema de recepción. Para comprobar esta última condición, se reemplaza el micrófono por un micrófono inerte. Se debe tener cuidado de que el ruido aéreo producido por la máquina de impactos y transmitido a la sala receptora no afecte al nivel de presión de ruido de impactos en la sala receptora.

El nivel de ruido de fondo deberá ser de al menos 6 dB (y preferiblemente más de 10 dB) inferior al nivel combinado de la señal y el ruido de fondo.

- Si la diferencia de niveles es inferior a 10 dB pero superior a 6 dB, se calcula las correcciones al nivel de la señal de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$L_c = 10 \log \left[10^{L/10} - 10^{L_{RF}/10} \right]$$

Donde

L_c	es el nivel de señal corregido, en decibelios
L	es el nivel combinado de señal y ruido de fondo, en decibelios
L_{RF}	es el nivel de ruido de fondo, en decibelios.

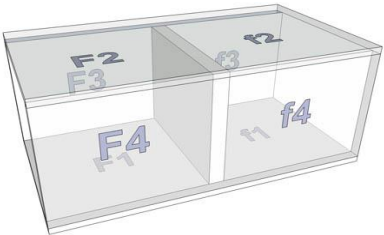
Si la diferencia de niveles es inferior o igual a 6 dB en cualquiera de las bandas de frecuencia, se utiliza la corrección 1,3 dB correspondiente a una diferencia de 6 dB. En este caso se indica en el informe claramente que los valores de L_n dados son un límite **máximo** de la medición ($L_n \leq \dots$ dB).

Anexo IV

ANEXO IV. FICHAS JUSTIFICATIVAS DEL DB HR

Documento Básico HR Protección frente al ruido

Ficha justificativa del cálculo de aislamiento a ruido aéreo y de impactos entre recintos interiores.
Caso: Recintos adyacentes con 4 aristas comunes.

Proyecto	Rehabilitación Acustica Edificio C/ Ave María, 19 - LAVAPIÉS	
Autor	Jara Cascallana Olmedilla	
Fecha	jun-13	
Referencia	Medianera entre viviendas - Sin rehabilitar	

Características técnicas del recinto 1							
Tipo de recinto como emisor			Unidad de uso				
Tipo de recinto como receptor			-		Volumen	76,9 m ³	
	Soluciones Constructivas						
Separador	Enl 15+LM 140+Enl 15						
Suelo F1	UVM 180 mm + Terrazo 34						
Techo F2	UVM 180 mm + Terrazo 34						
Pared F3	LM 290 + Enl 15						
Pared F4	Enl 15 +LHS 40+Enl 15						
	Parámetros Acústicos						
	S _i (m ²)	I _i (m)	m' _i (kg/m ²)	R _A (dBA)	L _{n,w} (dB)	ΔR _A (dBA)	ΔL _w (dB)
Separador	11,4	-	286	48	-	0	-
Suelo F1	25,65	3,8	273	52,3	80	0	0
Techo F2	25,65	3,8	273	52,3	80	0	0
Pared F3	20,25	3	532	58	0	0	-
Pared F4	20,25	3	69	32	0	0	-

Características técnicas del recinto 2							
Tipo de recinto como emisor			Unidad de uso				
Tipo de recinto como receptor			Protegido		Volumen	34,6 m ³	
	Soluciones Constructivas						
Separador	Enl 15+LM 140+Enl 15						
Suelo f1	UVM 180 mm + Terrazo 34						
Techo f2	UVM 180 mm + Terrazo 34						
Pared f3	LM 290 + Enl 15						
Pared f4	Enl 15 +LHS 40+Enl 15						
	Parámetros Acústicos						
	S _i (m ²)	I _i (m)	m' (kg/m ²)	R _A (dBA)	L _{n,w} (dB)	ΔR _A (dBA)	ΔL _w (dB)
Separador	11,4	-	286	48	-	0	-
Suelo f1	11,552	3,8	273	52,3	80	0	0
Techo f2	11,552	3,8	273	52,3	80	0	0
Pared f3	9,12	3	532	58	0	0	-
Pared f4	9.12	3	69	32	0	0	-

Huecos en el separador y vías de transmisión aérea directa o indirecta			
Ventanas, puertas y lucernarios	superficie	S (m ²)	0
	índice de reducción	R _A (dBA)	0
Vías de transmisión aérea	transmisión directa	D _{n,e,A} (dBA)	0
	transmisión indirecta	D _{n,s,A} (dBA)	0

Documento Básico HR Protección frente al ruido

Ficha justificativa del cálculo de aislamiento a ruido aéreo y de impactos entre recintos interiores.
Caso: Recintos adyacentes con 4 aristas comunes.

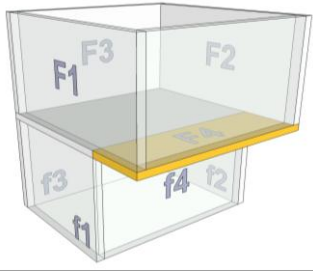
Tipos de uniones e índices de reducción vibracional				
Encuentro	Tipo de unión	K_{Ff}	K_{Fd}	K_{Df}
separador - suelo	Unión rígida en + de elementos homogéneos	9,05	8,70	8,70
separador - techo	Unión rígida en + de elementos homogéneos	9,05	8,70	8,70
separador - pared	Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 1)	2,31	6,11	6,11
separador - pared	Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 2)	16,58	7,87	7,87

Transmisión del recinto 1 al recinto 2				
		Cálculo	Requisito	
Aislamiento acústico a ruido aéreo	$D_{nT,A}$ (dBA)	45	50	NO CUMPLE
Aislamiento acústico a ruido de impacto	$L'_{nT,w}$ (dB)	67	65	NO CUMPLE

Transmisión del recinto 2 al recinto 1				
		Cálculo	Requisito	
Aislamiento acústico a ruido aéreo	$D_{nT,A}$ (dBA)	48	50	NO CUMPLE
Aislamiento acústico a ruido de impacto	$L'_{nT,w}$ (dB)	67	65	NO CUMPLE

Documento Básico HR Protección frente al ruido

Ficha justificativa del cálculo de aislamiento a ruido aéreo y de impactos entre recintos interiores.
Caso: Recintos superpuestos con 3 aristas comunes. Transmisión vertical caso B.

Proyecto	Rehabilitación Acustica Edificio C/ Ave María, 19 - LAVAPIÉS	
Autor	Jara Cascallana Olmedilla	
Fecha	jun-13	
Referencia	Forjado entre viviendas- Sin rehabilitar	

Características técnicas del recinto 1							
Tipo de recinto como emisor			Unidad de uso				
Tipo de recinto como receptor			-		Volumen	42,9 m³	
	Soluciones Constructivas						
Separador suelo	UVM 180 mm + Terrazo 34						
Pared F1	Enl 15 +LHS 40+Enl 15						
Pared F2	Enl 15+LM 140+Enl 15						
Pared F3	Enl 15+LM 140+Enl 15						
Sección Flanco F4	UVM 180 mm + Terrazo 34						
	Parámetros Acústicos						
	S _i (m²)	l _i (m)	m' _i (kg/m²)	R _A (dBA)	L _{n,w} (dB)	ΔR _A (dBA)	ΔL _w (dB)
Separador suelo	9,8	-	273	52,3	80	0	0
Pared F1	15,2	3,5	69	32	-	0	-
Pared F2	13,3	2,9	286	48	-	0	-
Pared F3	9	3	286	48	-	0	-
Flanco Suelo F4	4.5	3.1	273	52,3	-	0	-

Características técnicas del recinto 2							
Tipo de recinto como emisor		Unidad de uso					
Tipo de recinto como receptor		Protegido		Volumen		29,4 m ³	
	Soluciones Constructivas						
Separador techo	UVM 180 mm + Terrazo 34						
Pared f1	Enl 15 +LHS 40+Enl 15						
Pared f2	Enl 15+LM 140+Enl 15						
Pared f3	Enl 15+LM 140+Enl 15						
Pared f4	Enl 15 +LHS 40+Enl 15						
	Parámetros Acústicos						
	S _i (m ²)	l _i (m)	m' _i (kg/m ²)	R _A (dBA)	L _{n,w} (dB)	ΔR _A (dBA)	ΔL _w (dB)
Separador techo	9,8	-	273	52,3	80	0	0
Pared f1	10,5	3,5	69	32	-	0	-
Pared f2	8,6	2,9	286	48	-	0	-
Pared f3	9	3	286	48	-	0	-
Pared f4	9.2	3.1	69	32	-	0	-

Huecos en el separador y vías de transmisión aérea directa o indirecta			
Ventanas, puertas y lucernarios	superficie	S_{vpl} (m²)	-
	índice de reducción	R_{vpl,A} (dBA)	-
Vías de transmisión aérea	transmisión directa	D_{n,e,A} (dBA)	0
	transmisión indirecta	D_{n,s,A} (dBA)	0

Documento Básico HR Protección frente al ruido

Ficha justificativa del cálculo de aislamiento a ruido aéreo y de impactos entre recintos interiores.
Caso: Recintos superpuestos con 3 aristas comunes. Transmisión vertical caso B.

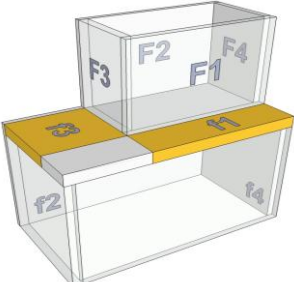
Tipos de uniones e índices de reducción vibracional				
Encuentro	Tipo de unión	K_{Ff}	K_{Fd}	K_{Df}
separador - pared	Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 3)	16,16	7,73	7,73
separador - pared	Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 4)	5,42	5,70	5,70
separador - pared	Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 3)	5,42	5,70	5,70
separador - flanco suelo	Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 1)	7,73	0,02	7,73

Transmisión del recinto 1 al recinto 2				
		Cálculo	Requisito	
Aislamiento acústico a ruido aéreo	$D_{nT,A}$ (dBA)	45	50	
Aislamiento acústico a ruido de impacto	$L'_{nT,w}$ (dB)	84	65	NO CUMPLE

Transmisión del recinto 2 al recinto 1				
		Cálculo	Requisito	
Aislamiento acústico a ruido aéreo	$D_{nT,A}$ (dBA)	46	50	
Aislamiento acústico a ruido de impacto	$L'_{nT,w}$ (dB)	-	-	-

Documento Básico HR Protección frente al ruido

Ficha justificativa del cálculo de aislamiento a ruido aéreo y de impactos entre recintos interiores.
Caso: Recintos superpuestos con 2 aristas comunes. Caso D.

Proyecto	Rehabilitación Acustica Edificio C/ Ave María, 19 - LAVAPIÉS	
Autor	Jara Cascallana Olmedilla	
Fecha	jun-13	
Referencia	Forjado entre viviendas - Sin rehabilitar	

Características técnicas del recinto 1							
Tipo de recinto como emisor			Unidad de uso				
Tipo de recinto como receptor			-		Volumen	65,3 m³	
	Soluciones Constructivas						
Separador suelo	UVM 180 mm + Terrazo 34						
Pared F1	Enl 15 +LHS 40+Enl 15						
Pared F2	Enl 15+LM 140+Enl 15						
Pared F3	Enl 15 +LHS 40+Enl 15						
Pared F4	Enl 15+LM 140+Enl 15						
	Parámetros Acústicos						
	S _i (m²)	l _i (m)	m' _i (kg/m²)	R _A (dBA)	L _{n,w} (dB)	ΔR _A (dBA)	ΔL _w (dB)
Separador suelo	9,8	-	273	52,3	80	0	0
Pared F1	9,2	3,1	69	32	-	0	-
Pared F2	9	3	286	48	-	0	-
Pared F3	10,5	3,5	69	32	-	0	-
Pared F4	8,6	2,9	286	48	-	0	-

Características técnicas del recinto 2							
Tipo de recinto como emisor			Recinto de actividad o instalaciones				
Tipo de recinto como receptor			Protegido		Volumen	29,4 m ³	
	Soluciones Constructivas						
Separador techo	UVM 180 mm + Terrazo 34						
Flanco techo f1	UVM 180 mm + Terrazo 34						
Pared f2	Enl 15+LM 140+Enl 15						
Flanco techo f3	UVM 180 mm + Terrazo 34						
Pared f4	Enl 15+LM 140+Enl 15						
	Parámetros Acústicos						
	S _i (m ²)	l _i (m)	m' _i (kg/m ²)	R _A (dBA)	L _{n,w} (dB)	ΔR _A (dBA)	ΔL _w (dB)
Separador techo	9,8	-	273	52,3	80	0	0
Flanco techo f1	3,3	3,1	273	52,3	-	0	-
Pared f2	15,9	3	286	48	-	0	-
Flanco techo f3	6,7	3,5	273	52,3	-	0	-
Pared f4	12	2,9	286	48	-	0	-

Huecos en el separador y vías de transmisión aérea directa o indirecta			
Ventanas, puertas y lucernarios	superficie	S(m²)	-
	índice de reducción	R_A (dBA)	-
Vías de transmisión aérea	transmisión directa	D_{n,e,A} (dBA)	0
	transmisión indirecta	D_{n,s,A} (dBA)	0

Documento Básico HR Protección frente al ruido

Ficha justificativa del cálculo de aislamiento a ruido aéreo y de impactos entre recintos interiores.
Caso: Recintos superpuestos con 2 aristas comunes. Caso D.

Tipos de uniones e índices de reducción vibracional				
Encuentro	Tipo de unión	K_{Ff}	K_{Fd}	K_{Df}
separador - flanco techo	Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 2)	7,73	7,73	0,99
separador - pared	Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 3)	5,42	5,70	5,70
separador - flanco techo	Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 2)	7,73	7,73	-0,56
separador - pared	Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 4)	5,42	5,70	5,70

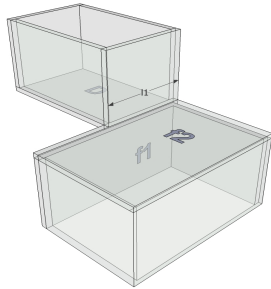
Transmisión del recinto 1 al recinto 2				
		Cálculo	Requisito	
Aislamiento acústico a ruido aéreo	$D_{nT,A}$ (dBA)	45	-	
Aislamiento acústico a ruido de impacto	$L'_{nT,w}$ (dB)	83	-	

Transmisión del recinto 2 al recinto 1				
		Cálculo	Requisito	
Aislamiento acústico a ruido aéreo	$D_{nT,A}$ (dBA)	49	55	NO CUMPLE
Aislamiento acústico a ruido de impacto	$L'_{nT,w}$ (dB)	-	-	-

Documento Básico HR Protección frente al ruido

Ficha justificativa del cálculo de aislamiento a ruido de impactos entre recintos interiores.

Caso: Recintos adyacentes con una arista común. Caso E.

Proyecto	Rehabilitación Acustica Edificio C/ Ave María, 19 - LAVAPIÉS	
Autor	Jara Cascallana Olmedilla	
Fecha	jun-13	
Referencia	Forjado entre viviendas - Sin rehabilitar- Caso I Ruido de impactos	

Características técnicas del recinto 1

Características técnicas del recinto							
Tipo de Recinto			Unidad de uso				
	Soluciones Constructivas						
Separador (suelo)	UVM 180 mm + Terrazo 34						
	Parámetros Acústicos						
	S _i (m²)	l _i (m)	m'ᵢ (kg/m²)	R _{s,A} (dBA)	L _{n,w} (dB)	ΔR _{D,A} (dBA)	ΔL _w (dB)
Separador (suelo)	3.8	-	273	52.3	80	0	0

Características técnicas del recinto 2

					Volumen	39,9 m³		
	Soluciones Constructivas							
Pared f1	Enl 15 +LHS 40+Enl 15							
Techo f2	UVM 180 mm + Terrazo 34							
	Parámetros Acústicos							
	S _f (m²)	l _f (m)	m' _f (kg/m²)	R _{f,A} (dB)	L _{n,w} (dB)	ΔRA _{f,A} (dBA)	ΔL _w (dB)	
Pared f1	10	1,3	69	32	-	0	-	
Techo f2	13,3	1,3	273	52,3	-	0	-	

Huecos en el separador y vías de transmisión aérea directa o indirecta

Ventanas, puertas y lucernarios	superficie	S (m²)	-
	índice de reducción	R_A (dBA)	-
Vías de transmisión aérea	transmisión directa	D_{n,e,A} (dBA)	-
	transmisión indirecta	D_{n,s,A} (dBA)	-

Tipos de uniones e índices de reducción vibracional

Encuentro	Tipo de unión	K_{D1}	K_{D2}
separador(suelo) - pared	Unión rígida en + de elementos homogéneos	10,73	0,52

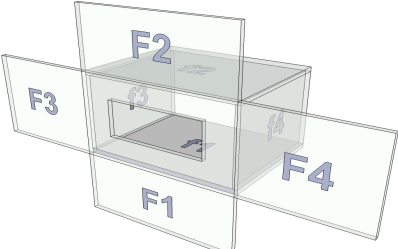
Transmisión del recinto 1 al recinto 2

		Cálculo	Requisito	<div> <div></div> <div></div> </div>
Aislamiento acústico a ruido de impacto	L'_{nT,w} (dB)	77	65	

NO CUMPLE

Documento Básico HR Protección frente al ruido

Ficha justificativa del cálculo de aislamiento a ruido aéreo en fachadas.

Proyecto	Rehabilitación Acustica Edificio C/ Ave María, 19 - LAVAPIÉS	
Autor	Jara Cascallana Olmedilla	
Fecha	jun-13	
Referencia	Fachada - Sin rehabilitar- Caso I Ruido aéreo exterior	

Características técnicas de la fachada y edificio							
Tipo de Ruido Exterior		Automóviles			L _a (dBA)	70	
Forma de fachada		Balconada C			ΔL _{fs} (dB)	1	
	Soluciones Constructivas						
Sección Separador		LM 290 + Enl 15					
Sección Flanco F1		LM 290 + Enl 15					
Sección Flanco F2		LM 290 + Enl 15					
Sección Flanco F3		LM 290 + Enl 15					
Sección Flanco F4		LM 290 + Enl 15					
	Parámetros Acústicos						
	S _i (m²)	l _i (m)	m' _i (kg/m²)	R _{A,tr} (dBA)	R _A (dBA)		
Sección Separador	9,54	-	532	58	58	-	-
Sección Flanco F1	9,54	3,18	532	58	58	-	-
Sección Flanco F2	9,54	3,18	532	58	58	-	-
Sección Flanco F3	21	3	532	58	58	-	-
Sección Flanco F4	9.9	3	532	58	58	-	-

Características técnicas del recinto receptor							
Tipo de Recinto		Residencial y hospitalario Dormitorios			Volumen	50 m³	
	Soluciones Constructivas						
Sección Separador	LM 290 + Enl 15						
Suelo f1	UVM 180 mm + Terrazo 34						
Techo f2	LM 290 + Enl 15						
Pared f3	Enl 15+LM 140+Enl 15						
Pared f4	Enl 15 +LHS 40+Enl 15						
	Parámetros Acústicos						
	S _i (m²)	l _i (m)	m' _i (kg/m²)	R _A (dBA)	R _{A,tr} (dBA)	ΔR _A (dBA)	
Sección Separador	9,54	-	532	58	58	0	-
Suelo f1	12,4	3,18	273	52,3	-	0	-
Techo f2	12,4	3,18	532	58	-	0	-
Pared f3	11,7	3	286	48	-	0	-
Pared f4	11.7	3	69	32	-	0	-

Huecos en el separador					
Ventanas, puertas y lucernarios		S (m²)	R_{A,tr} (dBA)	R_A (dBA)	ΔR (dB)
	Hueco 1	2,88	26	26	-1
	Hueco 2	0	0	0	0
	Hueco 3	0	0	0	0
	Hueco 4	0	0	0	0

Documento Básico HR Protección frente al ruido

Ficha justificativa del cálculo de aislamiento a ruido aéreo en fachadas.

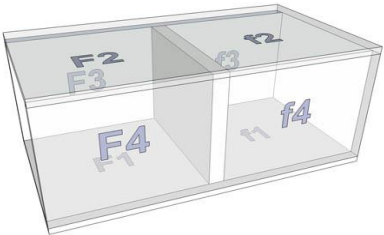
Vías de transmisión aérea directa o indirecta			
Vías de transmisión aérea	transmisión directa I	$D_{n,e1,A}$ (dBA)	-
	transmisión directa II	$D_{n,e2,A}$ (dBA)	-
	transmisión indirecta	$D_{n,s,A}$ (dBA)	-

Tipos de uniones e índices de reducción vibracional				
Encuentro	Tipo de unión	K_{Ff}	K_{Fd}	K_{Df}
fachada - suelo	Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 3)	6,18	2,09	6,18
fachada - techo	Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 3)	5,70	5,70	5,70
fachada - pared	Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 2)	6,11	2,31	6,11
fachada - pared	Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 2)	10,19	-2,09	10,19

Transmisión de ruido del exterior				
		Cálculo	Requisito	
Aislamiento acústico a ruido aéreo	$D_{2m,nT,Atr}$ (dBA)	35	37	NO CUMPLE

Documento Básico HR Protección frente al ruido

Ficha justificativa del cálculo de aislamiento a ruido aéreo y de impactos entre recintos interiores.
Caso: Recintos adyacentes con 4 aristas comunes.

Proyecto	Rehabilitación Acustica Edificio C/ Ave María, 19 - LAVAPIÉS	
Autor	Jara Cascallana Olmedilla	
Fecha	jun-13	
Referencia	Medianera entre viviendas - Rehabilitado	

Características técnicas del recinto 1							
Tipo de recinto como emisor			Unidad de uso				
Tipo de recinto como receptor			-		Volumen	76,9 m ³	
	Soluciones Constructivas						
Separador	Enl 15+LM 140+Enl 15						
Suelo F1	UVM 180 mm + Terrazo 34						
Techo F2	UVM 180 mm + Terrazo 34						
Pared F3	LM 290 + Enl 15						
Pared F4	Enl 15 +LHS 40+Enl 15						
	Parámetros Acústicos						
	S _i (m ²)	l _i (m)	m' _i (kg/m ²)	R _A (dBA)	L _{n,w} (dB)	ΔR _A (dBA)	ΔL _w (dB)
Separador	11,4	-	286	48	-	9	-
Suelo F1	25,65	3,8	273	52,3	80	0	0
Techo F2	25,65	3,8	273	52,3	80	0	0
Pared F3	20,25	3	532	58	0	0	-
Pared F4	20,25	3	69	32	0	0	-

Características técnicas del recinto 2							
Tipo de recinto como emisor		Unidad de uso					
Tipo de recinto como receptor		Protegido		Volumen		34,6 m ³	
	Soluciones Constructivas						
Separador	Enl 15+LM 140+Enl 15						
Suelo f1	UVM 180 mm + Terrazo 34						
Techo f2	UVM 180 mm + Terrazo 34						
Pared f3	LM 290 + Enl 15						
Pared f4	Enl 15 +LHS 40+Enl 15						
	Parámetros Acústicos						
	S _i (m ²)	l _i (m)	m' (kg/m ²)	R _A (dBA)	L _{n,w} (dB)	ΔR _A (dBA)	ΔL _w (dB)
Separador	11,4	-	286	48	-	9	-
Suelo f1	11,552	3,8	273	52,3	80	0	0
Techo f2	11,552	3,8	273	52,3	80	0	0
Pared f3	9,12	3	532	58	0	0	-
Pared f4	9.12	3	69	32	0	0	-

Huecos en el separador y vías de transmisión aérea directa o indirecta			
Ventanas, puertas y lucernarios	superficie	S (m²)	0
	índice de reducción	R_A (dBA)	0
Vías de transmisión aérea	transmisión directa	D_{n,e,A} (dBA)	0
	transmisión indirecta	D_{n,s,A} (dBA)	0

Documento Básico HR Protección frente al ruido

Ficha justificativa del cálculo de aislamiento a ruido aéreo y de impactos entre recintos interiores.
Caso: Recintos adyacentes con 4 aristas comunes.

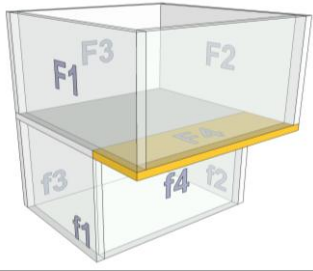
Tipos de uniones e índices de reducción vibracional				
Encuentro	Tipo de unión	K_{Ff}	K_{Fd}	K_{Df}
separador - suelo	Unión rígida en + de elementos homogéneos	9,05	8,70	8,70
separador - techo	Unión rígida en + de elementos homogéneos	9,05	8,70	8,70
separador - pared	Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 1)	2,31	6,11	6,11
separador - pared	Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 2)	16,58	7,87	7,87

Transmisión del recinto 1 al recinto 2				
		Cálculo	Requisito	
Aislamiento acústico a ruido aéreo	$D_{nT,A}$ (dBA)	52	50	CUMPLE
Aislamiento acústico a ruido de impacto	$L'_{nT,w}$ (dB)	63	65	CUMPLE

Transmisión del recinto 2 al recinto 1				
		Cálculo	Requisito	
Aislamiento acústico a ruido aéreo	$D_{nT,A}$ (dBA)	55	50	CUMPLE
Aislamiento acústico a ruido de impacto	$L'_{nT,w}$ (dB)	63	65	CUMPLE

Documento Básico HR Protección frente al ruido

Ficha justificativa del cálculo de aislamiento a ruido aéreo y de impactos entre recintos interiores.
Caso: Recintos superpuestos con 3 aristas comunes. Transmisión vertical caso B.

Proyecto	Rehabilitación Acustica Edificio C/ Ave María, 19 - LAVAPIÉS	
Autor	Jara Cascallana Olmedilla	
Fecha	jun-13	
Referencia	Forjado entre viviendas- Rehabilitada	

Características técnicas del recinto 1							
Tipo de recinto como emisor			Unidad de uso				
Tipo de recinto como receptor			-		Volumen	42,9 m³	
	Soluciones Constructivas						
Separador suelo	UVM 180 mm + Terrazo 34						
Pared F1	Enl 15 +LHS 40+Enl 15						
Pared F2	Enl 15+LM 140+Enl 15						
Pared F3	Enl 15+LM 140+Enl 15						
Sección Flanco F4	UVM 180 mm + Terrazo 34						
	Parámetros Acústicos						
	S _i (m²)	l _i (m)	m' _i (kg/m²)	R _A (dBA)	L _{n,w} (dB)	ΔR _A (dBA)	ΔL _w (dB)
Separador suelo	9,8	-	273	52,3	80	5	27
Pared F1	15,2	3,5	69	32	-	0	-
Pared F2	13,3	2,9	286	48	-	0	-
Pared F3	9	3	286	48	-	0	-
Flanco Suelo F4	4.5	3.1	273	52,3	-	5	-

Características técnicas del recinto 2							
Tipo de recinto como emisor		Unidad de uso					
Tipo de recinto como receptor		Protegido		Volumen		29,4 m ³	
	Soluciones Constructivas						
Separador techo	UVM 180 mm + Terrazo 34						
Pared f1	Enl 15 +LHS 40+Enl 15						
Pared f2	Enl 15+LM 140+Enl 15						
Pared f3	Enl 15+LM 140+Enl 15						
Pared f4	Enl 15 +LHS 40+Enl 15						
	Parámetros Acústicos						
	S _i (m ²)	l _i (m)	m' _i (kg/m ²)	R _A (dBA)	L _{n,w} (dB)	ΔR _A (dBA)	ΔL _w (dB)
Separador techo	9,8	-	273	52,3	80	13	9
Pared f1	10,5	3,5	69	32	-	0	-
Pared f2	8,6	2,9	286	48	-	0	-
Pared f3	9	3	286	48	-	0	-
Pared f4	9.2	3.1	69	32	-	0	-

Huecos en el separador y vías de transmisión aérea directa o indirecta			
Ventanas, puertas y lucernarios	superficie	S _{vpl} (m ²)	-
	índice de reducción	R _{vpl,A} (dBA)	-
Vías de transmisión aérea	transmisión directa	D _{n,e,A} (dBA)	0
	transmisión indirecta	D _{n,s,A} (dBA)	0

Documento Básico HR Protección frente al ruido

Ficha justificativa del cálculo de aislamiento a ruido aéreo y de impactos entre recintos interiores.
Caso: Recintos superpuestos con 3 aristas comunes. Transmisión vertical caso B.

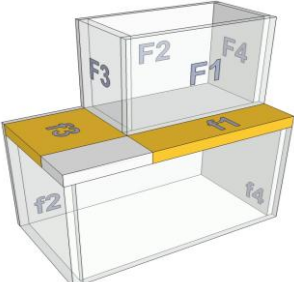
Tipos de uniones e índices de reducción vibracional				
Encuentro	Tipo de unión	K_{Ff}	K_{Fd}	K_{Df}
separador - pared	Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 3)	16,16	7,73	7,73
separador - pared	Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 4)	5,42	5,70	5,70
separador - pared	Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 3)	5,42	5,70	5,70
separador - flanco suelo	Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 1)	7,73	0,02	7,73

Transmisión del recinto 1 al recinto 2				
		Cálculo	Requisito	
Aislamiento acústico a ruido aéreo	$D_{nT,A}$ (dBA)	49	50	
Aislamiento acústico a ruido de impacto	$L'_{nT,w}$ (dB)	54	65	CUMPLE

Transmisión del recinto 2 al recinto 1				
		Cálculo	Requisito	
Aislamiento acústico a ruido aéreo	$D_{nT,A}$ (dBA)	51	50	
Aislamiento acústico a ruido de impacto	$L'_{nT,w}$ (dB)	-	-	-

Documento Básico HR Protección frente al ruido

Ficha justificativa del cálculo de aislamiento a ruido aéreo y de impactos entre recintos interiores.
Caso: Recintos superpuestos con 2 aristas comunes. Caso D.

Proyecto	Rehabilitación Acustica Edificio C/ Ave María, 19 - LAVAPIÉS	
Autor	Jara Cascallana Olmedilla	
Fecha	jun-13	
Referencia	Forjado entre viviendas - Rehabilitado	

Características técnicas del recinto 1							
Tipo de recinto como emisor			Unidad de uso				
Tipo de recinto como receptor			-		Volumen	65,3 m³	
	Soluciones Constructivas						
Separador suelo	UVM 180 mm + Terrazo 34						
Pared F1	Enl 15 +LHS 40+Enl 15						
Pared F2	Enl 15+LM 140+Enl 15						
Pared F3	Enl 15 +LHS 40+Enl 15						
Pared F4	Enl 15+LM 140+Enl 15						
	Parámetros Acústicos						
	S _i (m²)	l _i (m)	m' _i (kg/m²)	R _A (dBA)	L _{n,w} (dB)	ΔR _A (dBA)	ΔL _w (dB)
Separador suelo	9,8	-	273	52,3	80	3	20
Pared F1	9,2	3,1	69	32	-	0	-
Pared F2	9	3	286	48	-	0	-
Pared F3	10,5	3,5	69	32	-	0	-
Pared F4	8,6	2,9	286	48	-	0	-

Características técnicas del recinto 2							
Tipo de recinto como emisor		Recinto de actividad o instalaciones					
Tipo de recinto como receptor		Protegido		Volumen		29,4 m³	
	Soluciones Constructivas						
Separador techo	UVM 180 mm + Terrazo 34						
Flanco techo f1	UVM 180 mm + Terrazo 34						
Pared f2	Enl 15+LM 140+Enl 15						
Flanco techo f3	UVM 180 mm + Terrazo 34						
Pared f4	Enl 15+LM 140+Enl 15						
	Parámetros Acústicos						
	S _i (m²)	l _i (m)	m' _i (kg/m²)	R _A (dBA)	L _{n,w} (dB)	ΔR _A (dBA)	ΔL _w (dB)
Separador techo	9,8	-	273	52,3	80	15	9
Flanco techo f1	3,3	3,1	273	52,3	-	15	-
Pared f2	15,9	3	286	48	-	0	-
Flanco techo f3	6,7	3,5	273	52,3	-	15	-
Pared f4	12	2.9	286	48	-	0	-

Huecos en el separador y vías de transmisión aérea directa o indirecta			
Ventanas, puertas y lucernarios	superficie	S(m²)	-
	índice de reducción	R_A (dBA)	-
Vías de transmisión aérea	transmisión directa	D_{n,e,A} (dBA)	0
	transmisión indirecta	D_{n,s,A} (dBA)	0

Documento Básico HR Protección frente al ruido

Ficha justificativa del cálculo de aislamiento a ruido aéreo y de impactos entre recintos interiores.
Caso: Recintos superpuestos con 2 aristas comunes. Caso D.

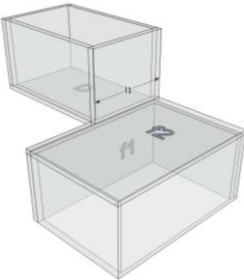
Tipos de uniones e índices de reducción vibracional				
Encuentro	Tipo de unión	K_{Ff}	K_{Fd}	K_{Df}
separador - flanco techo	Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 2)	7,73	7,73	0,99
separador - pared	Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 3)	5,42	5,70	5,70
separador - flanco techo	Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 2)	7,73	7,73	-0,56
separador - pared	Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 4)	5,42	5,70	5,70

Transmisión del recinto 1 al recinto 2				
		Cálculo	Requisito	
Aislamiento acústico a ruido aéreo	$D_{nT,A}$ (dBA)	54	-	
Aislamiento acústico a ruido de impacto	$L'_{nT,w}$ (dB)	60	-	

Transmisión del recinto 2 al recinto 1				
		Cálculo	Requisito	
Aislamiento acústico a ruido aéreo	$D_{nT,A}$ (dBA)	57	55	CUMPLE
Aislamiento acústico a ruido de impacto	$L'_{nT,w}$ (dB)	-	-	-

Documento Básico HR Protección frente al ruido

Ficha justificativa del cálculo de aislamiento a ruido de impactos entre recintos interiores.
Caso: Recintos adyacentes con una arista común. Caso E.

Proyecto	Rehabilitación Acustica Edificio C/ Ave María, 19 - LAVAPIÉS	
Autor	Jara Cascallana Olmedilla	
Fecha	jun-13	
Referencia	Forjado entre viviendas - Rehabilitado- Caso I Ruido de impactos	

Características técnicas del recinto 1							
Tipo de Recinto			Unidad de uso				
	Soluciones Constructivas						
Separador (suelo)	UVM 180 mm + Terrazo 34						
	Parámetros Acústicos						
	S _i (m ²)	I _i (m)	m' _i (kg/m ²)	R _{S,A} (dBA)	L _{n,w} (dB)	ΔR _{D,A} (dBA)	ΔL _w (dB)
Separador (suelo)	3.8	-	273	52.3	80	3	20

Características técnicas del recinto 2							
					Volumen	39,9 m ³	
	Soluciones Constructivas						
Pared f1	Enl 15 +LHS 40+Enl 15						
Techo f2	UVM 180 mm + Terrazo 34						
	Parámetros Acústicos						
	S _f (m ²)	l _f (m)	m' _f (kg/m ²)	R _{f,A} (dB)	L _{n,w} (dB)	ΔRA _{f,A} (dBA)	ΔL _w (dB)
Pared f1	10	1,3	69	32	-	0	-
Techo f2	13.3	1.3	273	52.3	-	13	-

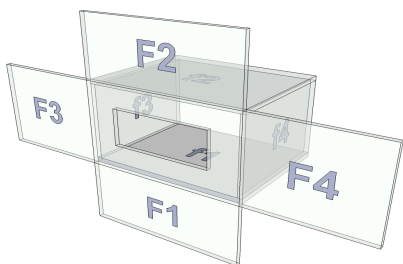
Huecos en el separador y vías de transmisión aérea directa o indirecta			
Ventanas, puertas y lucernarios	superficie	$S (m^2)$	-
	índice de reducción	$R_A (dBA)$	-
Vías de transmisión aérea	transmisión directa	$D_{n,e,A} (dBA)$	-
	transmisión indirecta	$D_{n,s,A} (dBA)$	-

Tipos de uniones e índices de reducción vibracional			
Encuentro	Tipo de unión	K_{D1}	K_{D2}
separador(suelo) - pared	Unión rígida en + de elementos homogéneos	10,73	0,52

Transmisión del recinto 1 al recinto 2				
	Cálculo	Requisito		
Aislamiento acústico a ruido de impacto	$L'_{nT,w} (dB)$	54	65	CUMPLE

Documento Básico HR Protección frente al ruido

Ficha justificativa del cálculo de aislamiento a ruido aéreo en fachadas.

Proyecto	Rehabilitación Acustica Edificio C/ Ave María, 19 - LAVAPIÉS	
Autor	Jara Cascallana Olmedilla	
Fecha	jun-13	
Referencia	Fachada - Rehabilitada- Caso I Ruido aéreo exterior	

Características técnicas de la fachada y edificio							
Tipo de Ruido Exterior		Automóviles			L _d (dBA)	70	
Forma de fachada		Balconada C			ΔL _{fs} (dB)	1	
		Soluciones Constructivas					
Sección Separador		LM 290 + Enl 15					
Sección Flanco F1		LM 290 + Enl 15					
Sección Flanco F2		LM 290 + Enl 15					
Sección Flanco F3		LM 290 + Enl 15					
Sección Flanco F4		LM 290 + Enl 15					
		Parámetros Acústicos					
	S _i (m²)	l _i (m)	m' _i (kg/m²)	R _{A,tr} (dBA)	R _A (dBA)		
Sección Separador	9,54	-	532	58	58	-	-
Sección Flanco F1	9,54	3,18	532	58	58	-	-
Sección Flanco F2	9,54	3,18	532	58	58	-	-
Sección Flanco F3	21	3	532	58	58	-	-
Sección Flanco F4	9.9	3	532	58	58	-	-

Características técnicas del recinto receptor							
Tipo de Recinto		Residencial y hospitalario Dormitorios			Volumen	50 m³	
	Soluciones Constructivas						
Sección Separador	LM 290 + Enl 15						
Suelo f1	UVM 180 mm + Terrazo 34						
Techo f2	LM 290 + Enl 15						
Pared f3	Enl 15+LM 140+Enl 15						
Pared f4	Enl 15 +LHS 40+Enl 15						
	Parámetros Acústicos						
	S _i (m²)	l _i (m)	m' _i (kg/m²)	R _A (dBA)	R _{A,tr} (dBA)	ΔR _A (dBA)	
Sección Separador	9,54	-	532	58	58	0	-
Suelo f1	12,4	3,18	273	52,3	-	0	-
Techo f2	12,4	3,18	532	58	-	0	-
Pared f3	11,7	3	286	48	-	0	-
Pared f4	11,7	3	69	32	-	0	-

Huecos en el separador					
Ventanas, puertas y lucernarios		S (m²)	R_{A,tr} (dBA)	R_A (dBA)	ΔR (dB)
	Hueco 1	2,88	30	34	-1
	Hueco 2	0	0	0	0
	Hueco 3	0	0	0	0
	Hueco 4	0	0	0	0



Documento Básico HR Protección frente al ruido

Ficha justificativa del cálculo de aislamiento a ruido aéreo en fachadas.

Vías de transmisión aérea directa o indirecta			
Vías de transmisión aérea	transmisión directa I	$D_{n,e1,A}$ (dBA)	-
	transmisión directa II	$D_{n,e2,A}$ (dBA)	-
	transmisión indirecta	$D_{n,s,A}$ (dBA)	-

Tipos de uniones e índices de reducción vibracional				
Encuentro	Tipo de unión	K_{Ff}	K_{Fd}	K_{Df}
fachada - suelo	Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 3)	6,18	2,09	6,18
fachada - techo	Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 3)	5,70	5,70	5,70
fachada - pared	Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 2)	6,11	2,31	6,11
fachada - pared	Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 2)	10,19	-2,09	10,19

Transmisión de ruido del exterior				
		Cálculo	Requisito	
Aislamiento acústico a ruido aéreo	$D_{2m,nT,Atr}$ (dBA)	39	37	CUMPLE